

ESTUDIO MECÁNICO Y CARACTERIZACIÓN DE COMPORTAMIENTO DE PELOTA PARA PALETA GOMA MACIZA



Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico

Trabajo Fin de Grado

Akier Tollar Villanueva

Luis Miguel Calvo Herrero

Tudela, 09/06/2021

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La pelota vasca abarca un amplio conjunto de deportes en los que se emplea un objeto, medio de golpeo, denominado herramienta del que se vale el deportista para imprimir velocidad a la pelota. Tanto la herramienta como la pelota ofrecen un amplio abanico de oportunidades para investigar en torno a su desarrollo tecnológico.

Con el fin de aportar facilidades para incidir en el desarrollo de los deportes que se practica, en este trabajo se pretende comprender y estudiar el comportamiento de los componentes empleados en la paleta goma maciza, una de las modalidades que componen el conjunto de deportes denominados pelota vasca.

El objetivo del trabajo es comprender tanto la práctica del deporte así como las características principales de los elementos implicados en el juego. Para ello, se realizarán una serie de estudios y ensayos que nos permitan conocer mejor el comportamiento de dichos elementos más allá de la práctica del deporte.

Mediante el análisis de los elementos implicados, la pala y la pelota, se llegará a entender la necesidad del conocimiento de las características y comportamientos de estos. Para poder realizar estudios complementarios en cuanto al avance en el diseño de las herramientas. El estudio se centrará principalmente en la pelota, observando su comportamiento frente al material original y así poder buscar materiales que generen un comportamiento similar para el rediseño de la pala. Los modelos generados a partir de diferentes materiales al de la madera de haya no han dado resultado, esto ha sido debido al desconocimiento de la mecánica del golpeo, generándose modelos no funcionales en cuanto a la sensación de juego.

Como complemento, con el fin de aportar un punto de vista diferente al del puro diseño, se mostrarán los resultados obtenidos del análisis del impacto del ciclo de vida de una pala y una pelota de caucho comprimido.

La metodología de trabajo a seguir consistirá en analizar las características de la pala y pelotas originales, buscar similitudes de la mecánica de golpeo frente a otros deportes y obtener datos mediante ensayos para la caracterización de las pelotas de caucho comprimido.

A lo largo del trabajo se dan a conocer los factores que afectan al comportamiento de la pelota. Estos mismos pueden ser útiles para caracterizarla y ofrecer una nueva forma de clasificación.

Mediante este trabajo, se pretende allanar el camino a futuros trabajos de investigación en torno a la mejora tanto de las herramientas empleadas en las diferentes modalidades como la mejora de las pelotas empleadas.

Palabras clave:

Pelota vasca, paleta goma maciza, pelota caucho comprimido, madera de haya, haya europea, caucho natural, caucho sintético, impacto medioambiental

ABSTRACT AND KEY WORDS

The pelota vasca encompasses a wide range of sports in which an object is used, a hitting medium, called a tool that the athlete uses to give the ball speed. Both the tool and the ball offer a wide range of opportunities to investigate their technological development.

In order to provide facilities to influence the development of the sports that are practiced, this work aims to understand and study the behavior of the components used in the paleta goma maciza, one of the modalities that make up the set of sports called ball Basque.

The objective of the work is to understand both the practice of sport as well as the main characteristics of the elements involved in the game. For this, a series of studies and tests will be carried out that allow us to better understand the behavior of these elements beyond the practice of sport.

Through the analysis of the elements involved, the shovel and the ball, the need to know their characteristics and behaviors will be understood. To be able to carry out complementary studies regarding the advance in the design of the tools. The study will focus mainly on the ball, observing its behavior against the original material and thus being able to look for materials that generate a similar behavior for the redesign of the blade. The models generated from different materials than beech wood have not given results, this has been due to the ignorance of the mechanics of the hit, generating non-functional models in terms of the sensation of the game.

As a complement, in order to provide a point of view different from that of pure design, the results obtained from the analysis of the impact of the life cycle of a shovel and a compressed rubber ball will be shown.

The work methodology to be followed will consist of analyzing the characteristics of the original shovel and balls, looking for similarities in the hitting mechanics compared to other sports and obtaining data through tests for the characterization of the compressed rubber balls.

Throughout the work, the factors that affect the behavior of the ball are disclosed. These can be useful to characterize it and offer a new way of classification.

Through this work, it is intended to pave the way for future research work on the improvement of both the tools used in the different modalities and the improvement of the balls used.

Keywords:

Pelota vasca, paleta goma maciza, compressed rubber ball, beech wood, European beech, natural rubber, synthetic rubber, environmental impact

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ESTADO DEL ARTE	3
3. OBJETIVO DEL TFG.....	6
4. METODOLOGÍA.....	10
4.1 PALETA GOMA MACIZA.....	11
4.2 PELOTA DE GOMA MACIZA	12
4.2.1 TIPOS DE PELOTAS DE CAUCHO PARA PALETA GOMA.....	13
4.2.2 ESTANDARIZACIÓN DEL MATERIAL DE LAS PELOTAS DE CAUCHO COMPRIMIDO.....	15
4.2.3 CURIOSIDADES	17
4.3 PALETA DE MADERA DE HAYA	17
4.4 SIMILITUDES CON EL ESTUDIO DE DANIEL RUSSELL	21
4.4.1 MECÁNICA DEL GOLPEO.....	21
4.4.2 FUERZAS ENTRE LA PALA Y LA PELOTA	22
4.4.3 PESO DE LA PALA, VELOCIDAD DEL GOLPEO Y VELOCIDAD DE LA PELOTA DE GOMA	23
4.4.4 EL PUNTO DULCE.....	25
4.4.5 IMPORTANCIA DE LA FUERZA DE AMARRE	27
4.5 ENSAYOS PELOTA DE CAUCHO.....	30
4.5.1 CAMBIO DE CARACTERISTICAS DURANTE EL JUEGO.....	31
4.5.2 ENSAYO DE MATERIALES EN EL LABORATORIO KAREY & SOLANO FOOTWEAR S.L. .	33
4.5.3 ENSAYO DE BOTE A DIFERENTES TEMPERATURAS	34
4.6 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PELOTA DE CAUCHO COMPRIMIDO	46
4.6.1 EXTRACCIÓN	46
4.6.2 FABRICACIÓN.....	49
4.6.3 TRANSPORTE	52
4.6.4 USO.....	52
4.6.5 FIN DE VIDA	52
4.7 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PALETA DE MADERA.....	54
4.7.1 PROCESO EXTERNO	54
4.7.2 PROCESO INTERNO.....	55
4.8 ESTUDIO DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	64

4.8.1 ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	65
4.9 ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA PELOTA CARACTERIZADA FRENTE A LA PALA DE MADERA DE HAYA.....	71
4.10 PROPUESTA DE MATERIALES PARA REALIZAR UN NUEVO MODELO DE PALETA GOMA....	74
5 CONCLUSIONES	75
6 BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS	80

Ilustración 1. Evolución de la raqueta del tenis en cuanto al material	3
Ilustración 2. Evolución del bate de béisbol en cuanto al material	3
Ilustración 3. Características y dimensiones de la paleta de madera de haya, fabricados deportivos Aranvillet.	7
Ilustración 4. Pelotas de caucho comprimido empleadas en la paleta goma maciza	8
Ilustración 5. pelota negra de cuadro amarillo pesada y de poco bote.....	14
Ilustración 6 pelota negra de cuadro amarillo pesada y de elevado bote.....	14
Ilustración 7 . Pelota negra de cuadrado azul.....	15
Ilustración 8 . Pelota negra de cuadrado verde.	15
Ilustración 9. Disposición de las vetas en la paleta goma maciza.	19
Ilustración 10. Comportamiento sinusoidal del impacto de la pelota de béisbol	23
Ilustración 11 Dirección y velocidades de las pelotas antes y después del impacto	24
Ilustración 12. Representación gráfica de la zona considerada punto dulce de la paleta goma maciza.....	26
Ilustración 13. Representación del factor de restitución del impacto de la pelota según el punto del bate donde se realiza el impacto sujeto en el eje x	28
Ilustración 14. Representación del factor de restitución del impacto de la pelota según el punto del bate donde se realiza el impacto libre en los dos extremos	28
Ilustración 15. Comportamiento de la pelota según el modo de amarre del bate	29
Ilustración 16. Jugador de béisbol realizando un home run sin sujetar el bate a la hora de golpear la pelota	30
Ilustración 17. Plaquetas de ensayo empleadas para comprobar las características del material base para fabricar las pelotas de caucho comprimido.	33
Ilustración 18. Zona de ensayo preparada para realizar la toma de datos del bote de las pelotas a ensayar	35
Ilustración 19. Cámara de grabación lenta empleada en el ensayo	36
Ilustración 20. Cámara de video empleada para documentar el ensayo de caída libre	36
Ilustración 21. Termómetro láser empleado para medir la temperatura de las pelotas sometidas a ensayo	37
Ilustración 22. Durómetro empleado para medir la dureza superficial de las pelotas sometidas a ensayo	37
Ilustración 23. Horno empleado para calentar las pelotas sometidas a ensayo	38
Ilustración 24. Fotografía realizada con la cámara térmica durante el ensayo de caída libre....	38
Ilustración 25. Fotografía realizada con la cámara termica durante el ensayo de caída libre....	38

Ilustración 26. Báscula empleada para pesar las pelotas sometidas a ensayo.....	39
Ilustración 27. Medición de la temperatura de las pelotas situadas dentro del horno durante el ensayo de caída libre.....	40
Ilustración 28. Representación de la altura desde la que se dejaban caer las pelotas durante el ensayo	41
Ilustración 29. Representación del comportamiento de las pelotas en cuanto al bote, dependiendo de la temperatura de las pelotas.....	42
Ilustración 30. Representación del comportamiento del bote de las pelotas según su peso	44
Ilustración 31. Representación del comportamiento del bote de las pelotas según su dureza superficial	45
Ilustración 32. Proceso de extracción y tratamiento del caucho natural	47
Ilustración 33. Proceso de conformado del cartón	48
Ilustración 34. Proceso Frash de extracción de azufre	49
Ilustración 35. Extrusora de caucho	50
Ilustración 36. Sierra de cinta	50
Ilustración 37. prensa térmica de múltiples matrices	51
Ilustración 38. Diagrama de flujos del proceso de fabricación de la pelota de caucho comprimido	53
Ilustración 39. Maquinaria empleada en la deforestación de bosques	54
Ilustración 40. Línea de conformado de madera de un aserradero.....	55
Ilustración 41. Sierra mecánica de carpintería	56
Ilustración 42. Torno de carpintería	57
Ilustración 43. Taladro de bancada horizontal	58
Ilustración 44. Caladora eléctrica manual	59
Ilustración 45. Acepilladora automática	60
Ilustración 46. Cepillo eléctrico manual	60
Ilustración 47. Marcadora láser	61
Ilustración 48. Montadora automática de cajas de cartón	62
Ilustración 49. Diagrama de flujos del proceso de fabricación de la paleta de madera de haya	63
Ilustración 50. Gráfica de representación de los impactos ambientales según los indicadores estudiados.....	65
Ilustración 51. Grafica representación del impacto generado por el reciclado o no de la energía obtenida en el proceso de fin de vida de la pala de madera de haya.....	66
Ilustración 52. presentación del impacto generado por da incineración de 1kg de madera de haya	67
Ilustración 53. Representación de los impactos generados a partir de la extracción de diferentes materiales	68
Ilustración 54. Impactos generados en el ciclo de vida de una pelota de caucho comprimido .	69
Ilustración 55. interacción pelota vs pala 2350Pa.....	71
Ilustración 56. interacción pelota vs pala 3000Pa.....	72
Ilustración 57. interacción pelota vs pala 5000Pa.....	72
Ilustración 58. interacción pelota vs pala 100000Pa.....	73
Tabla 1. características tecnicas de las pelotas de estrella blanca/verde.....	16

Tabla 2. características técnicas de las pelotas de estrella amarilla.	17
Tabla 3. Toma de datos orientativa pelota negra de cuadro verde.....	32
Tabla 4. Toma de datos orientativa pelota negra de círculo verde	32
Tabla 5. Toma de datos orientativa pelota negra de estrella blanca.....	32
Tabla 6. Toma de datos orientativa pelota negra de estrella amarilla	32
Tabla 7. Toma de datos del ensayo de caída libre	41
Tabla 8. características mecánicas y físicas de la pelota de caucho comprimido y pla de madera de haya	71

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

F , parámetro: fuerza, unidad: N

m_1 , masa pelota, unidad: Kg

m_2 , Masa bate, unidad: Kg

a , Aceleración, unidad: m/s^2

v_f , Velocidad final, unidad: m/s

v_0 , Velocidad inicial, unidad: m/s

v_{1a} , Velocidad inicial pelota, unidad: m/s

v_{1b} , Velocidad final pelota, unidad: m/s

v_{2a} , Velocidad inicial bate, unidad: m/s

v_{2b} , Velocidad final bate, unidad: m/s

t , Tiempo de contacto, unidad: s

e , Coeficiente de restituc

1. INTRODUCCIÓN

La pelota vasca abarca un amplio conjunto de modalidades del mismo deporte que consiste en golpear una pelota contra una pared sucesivamente hasta que se para el juego. Los deportes o modalidades abarcados por la pelota vasca, se pueden llevar a cabo en competición individual, por parejas o en grupo. Todas las modalidades que abarca este deporte coinciden en el objetivo final del juego, golpear o lanzar la pelota contra una pared denominada frontis hasta que el contrario falla o se le obliga al fallo.

Estas modalidades se practican en un recinto llamado frontón o trinquete. Cada cual tiene sus propias características, pero en ambas los jugadores dirigen la pelota a la pared para que esta rebote y el contrincante pueda responder, es decir, seguir el juego.

Las características que diferencian una modalidad de la otra dependen de la forma en la que se lanza o golpea la pelota y de la misma pelota. Los elementos empleados para este fin, se denominan herramientas y cada herramienta consta de su propio material o pelota.

La modalidad de pelota vasca por excelencia es la pelota mano. En este los pelotaris golpean la pelota con la mano sin necesidad de ningún tipo de herramienta. Las pelotas que emplean, están formadas por un núcleo de un material base, de sucesivas capas de hilo o cordel que le dan volumen a la pelota y de una capa de cuero que la recubre.

La cesta punta, remonte y joko garbi, son modalidades en las que se emplean herramientas de tipo cesta. Mediante dichas cestas se le imprime velocidad a la pelota y se lanza contra el frontis. En este caso, las pelotas se generan de la misma forma y empleando los mismos materiales que en las de pelota mano, cambiando el tamaño y el tratamiento del cuero, lo que las hace más pesadas y vivas.

En la modalidad llamada xare, se emplea una herramienta semejante a la raqueta, pero con la característica de que la tensión del trenzado o cuerdas es menor. Esto provoca que durante el juego no se golpee la pelota, si no que se lanza mediante un solo movimiento de brazo y muñeca.

Las modalidades en las que se emplea una pala o paleta como herramienta para golpear la pelota, son las más espectaculares debido a su alta velocidad de juego y menos practicadas debido a su gran exigencia técnica.

Dentro de las modalidades en las que se emplean las palas, se pueden diferenciar según el material de la pelota dos tipos. El primero conformado por la pala larga, pala corta y paleta cuero. Son modalidades en las que la pelota esta generada a partir de los tres materiales citados con anterioridad, el núcleo (puede ser una canica, bola de corcho, china con forma de esfera, ...), el cordel y el cuero.

El segundo grupo lo forma la paleta goma, esta modalidad se practica de la misma manera que las citadas anteriormente, pero empleando una pelota de caucho comprimido.

Desde el punto de vista de la ingeniería de diseño, poder aplicar mejoras tanto en las herramientas como en el material que se emplean, con el fin de hacer más fácil el practicar estos deportes, y no alterarlos, ofrece un amplio abanico de oportunidades, en cuanto a la estudio de implantación de nuevas técnicas de fabricación y aplicación de materiales que mejoren el rendimiento o la facilidad de juego.

2. ESTADO DEL ARTE

Históricamente, la fabricación de las herramientas utilizadas en la pelota vasca, se ha basado en el empleo de los recursos naturales propios de la zona. Las formas y geometrías características de cada una de las herramientas han ido sujetas a las propiedades de los materiales empleados.

Durante los últimos años y con la generación de nuevos materiales de características excepcionales, el rediseño de los elementos deportivos generados a partir de materias primas accesibles, ha sido inconscientemente impuesto. Esto se ve reflejado en deportes como el tenis con la mejora de las raquetas o el béisbol con la implementación de nuevos materiales en la fabricación de los bates. En la ilustración 1. se puede observar la evolución que ha sufrido las raquetas de tenis en cuanto al material empleado para fabricarlas, empezando con raquetas de madera y trenzado de cordel y llegando al empleo de raquetas de aluminio o fibra de carbono con trenzados de materiales sintéticos.



Ilustración 1. Evolución de la raqueta del tenis en cuanto al material (1)

En la ilustración 2. se muestran los diferentes tipos de bates que se han ido generando con el paso del tiempo. El bate principal, conformado a partir de una sola pieza de madera, ha evolucionado de manera que hoy en día se identifican bates de diferentes materiales, y de composición mixta. Los bates huecos de aluminio han respondido de forma satisfactoria a los requerimientos de la práctica del deporte, así como los bates de madera con alma de corcho.



Ilustración 2. Evolución del bate de béisbol en cuanto al material (2)

El mayor inconveniente a la hora de implementar nuevos materiales en las modalidades que conforman la pelota vasca, desde la pelota mano, a las modalidades que tienen como herramienta el guante o cesta y las practicadas mediante el empleo de una pala como útil de golpeo, radica en la normativa establecida, Reglamento de juego de la FNPV (Federación Navarra de Pelota Vasca), entre los artículos 57º- Cesta punta, pala y 65º- Pesaje herramientas (3). Por otra parte, el rechazo que genera en los deportistas cualquier tipo de cambio del deporte. (4)(Anexo 1)

De las dos razones nombradas en el párrafo anterior, el de mayor relevancia es el rechazo, los deportistas de élite o los deportistas que practican los deportes a nivel competitivo, se muestran reacios al cambio. Los cambios que se pueden observar visualmente no suelen ser aceptados con facilidad.

El deporte se puede practicar de forma competitiva, siguiendo la normativa establecida, o de forma amateur, en el tiempo de ocio de cada uno. Si el deportista muestra rechazo al cambio, se forma una barrera muy difícil de superar. La forma de superar esta barrera es demostrar a los jugadores que el nuevo producto aporta algo al deporte. Siempre teniendo en cuenta que cuando se habla de aportar, no se habla de cambiarlo, si no que la intención es aportar comodidad o facilidad a la hora de practicarlo.

Por este último motivo, y con el objetivo de poner en práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, la finalidad de este trabajo consistirá en el estudio del posible rediseño de una de las herramientas empleadas en una de las modalidades de la pelota vasca, la pala empleada en la modalidad paleta goma maciza.

Esto se ha intentado con anterioridad, pero sin ningún tipo de resultado suficientemente satisfactorio. Jesús Urrea, aficionado y colaborador en la generación de material empleado en la modalidad de paleta goma maciza, llegó a fabricar y testear diferentes palas en las que empleo diferentes tipos de madera y palas tipo sándwich, las maderas empleadas como por ejemplo el abedul, a priori parecía tener las características necesarias para comportarse de forma satisfactoria. El modelo tipo sándwich en el que se emplearon formica y aluminio fue otro intento fallido. Todos los modelos fabricados con diferentes tipos de materiales y técnicas coincidían en las vibraciones que se generaban a la hora de realizar el golpe, estas vibraciones se transmiten a la muñeca y el brazo y generan sensación de dolor.

En la UPNA, campus de Tudela a 22 de junio de 2015, Sola Marcilla Carlos, realizó un trabajo fin de grado titulado “diseño y fabricación de un nuevo modelo de pala de pelota vasca”, este trabajo se centra en el rediseño mediante aplicación de nuevas técnicas y materiales. Pese a conseguir generar un nuevo modelo funcional, no se llegó a comercializar dado que los resultados de juego y coste de fabricación no aportaban mejora alguna respecto al modelo ya existente.

Las pruebas nombradas en el párrafo anterior, no obtuvieron resultado debido a la generación de un nuevo modelo de herramienta a partir de una selección del que se ha supuesto que va a ser un buen material sin previo estudio o conocimiento de cómo va a afectar este al juego o al jugador.

A la hora de seleccionar una de las modalidades en la que incidir, el mayor incentivo ha sido identificar la modalidad que más se practica a nivel amateur. Esto permite que la problemática del rechazo sufrido por los deportistas de élite no tenga tanto impacto dado que el deportista que practica el deporte por simple ocio, lo que busca es la comodidad y la facilidad a la hora de jugar.

Teniendo en cuenta esto último, se identifica como modalidad más adecuada o indicada para realizar el estudio la paleta goma maciza.

Esta modalidad es la menos exigente tanto técnica como físicamente dentro del grupo formado por las modalidades en las que se emplea la pala como medio de golpeo. La velocidad de juego es menor y esto hace que la práctica de la paleta goma maciza sea más accesible que otras modalidades como la paleta cuero o la pala corta, modalidades en las que la velocidad de la pelota es muy elevada y el nivel de técnica requerido para jugar es muy exigente.

3. OBJETIVO DEL TFG

La evolución tanto de la pala como de la pelota han venido dados por factores geográficos que limitaban la generación de palas y pelotas a los medios y materiales de los que se disponía en la zona en la que se practicaban. La forma de la pala, dimensión y materiales, se fueron acotando mediante un proceso de selección natural en el que se llegó a la conclusión en la que la pala, a partir del material empleado, ofrecía su mejor comportamiento con la forma y geometría que conocemos hoy en día. La pelota, aun hoy en día, es un elemento que no ha llegado a adoptar su punto óptimo. Las pelotas que se emplean responden de forma más o menos acertadas a los requerimientos del deporte, pero esto no quiere decir que se haya generado una pelota estándar y unificada que se comporte de forma óptima para practicar el deporte.

Se considera que las palas de paleta goma han conseguido su forma perfecta, es decir, durante mucho tiempo se han fabricado las paletas con las mismas características, forma y material. Esto se debe a la imposibilidad hasta ahora de mejorar las cualidades aportadas por la madera de haya, por lo que se refiere a la sensación de juego que genera sobre el jugador al manejarla. La madera de haya mantiene una excelente relación entre rigidez y dureza, en relación a la forma empleada para generar la pala y en consecuencia a los requerimientos del deporte.

Las pelotas de caucho comprimido están sufriendo un proceso similar al que ha sufrido la pala. La empresa “cauchos especiales” ha sido una de las productoras de pelotas de caucho comprimido más relevantes en los últimos años. Fabricaron una pelota con características idóneas para jugar, satisfacía a la gran mayoría de pelotaris que jugaban con ella. El problema surgió en el momento en el que no fueron capaces de reproducir la misma tirada de pelotas que tuvo tanto éxito. Esto sucedió a raíz de no tener constancia del material que emplearon para fabricarlas. La actividad principal de la empresa consistía en fabricar suelas de zapatos, para este fin no se requería del conocimiento exhaustivo de las características del material, razón por la que el caucho empleado para fabricar las suelas no siempre era el mismo. Por este último motivo, al no conocer la composición del material empleado, no pudieron reproducir las pelotas que fabricaron con un excelente resultado.

Durante los últimos años, la empresa Karey&Solano Footwear S.L., empresa dedicada a la fabricación de suelas de calzados diferentes, en colaboración con Jesús Urra, aficionado y experto en el ámbito de la paleta coma maciza, han conseguido estandarizar un tipo de pelota hasta ahora muy variado y poco homogéneo. Esto ha sido posible gracias al trabajo realizado a partir de un material conocido. El caucho empleado en dicha empresa, a pesar de ser un residuo del proceso principal de la empresa, es un material conocido y controlado, las características físicas y de composición son conocidas y escogidas para la fabricación de pelotas iguales en todas las tiradas que se realicen. (4)

Las paletas de goma cuero, son un producto con características muy definidas, constan de un mango estrecho el cual contiene un resalte en la zona inferior que evita que la pala se le escape de las manos a aquel que la usa. La parte superior, la zona de golpeo, unida al mango en una transición en la que se genera una superficie más ancha, es una superficie en forma de circunferencia que puede contener agujeros que la atraviesan. El espesor de la pala es de 18mm en toda su composición, a diferencia de otras palas. El peso de la pala puede oscilar

entre 480-600g y el material empleado es una única pieza de madera de haya. Puede contener refuerzos transversales añadidos, pero estos también están formados por el mismo material. En la ilustración 3. se muestran las características técnicas y modelos diferentes que se emplean actualmente en la paleta goma maciza. (5)

Paleta Perforada



Herramienta de goma

Características técnicas

Material: Madera de Haya

Largo: 50,5 cm.

Ancho: 17 cm.

Grosor: 18 mm.

Peso: 480/600 grs.

Modelos

- > Sin reforzar
- > 3 refuerzos
- > 6 refuerzos



Ilustración 3. Características y dimensiones de la paleta de madera de haya, fabricados deportivos Aranvillet. (5)

Las pelotas de caucho comprimido en cambio, no han tenido unas características definidas. Esto ha supuesto una gran variedad de tipos de pelota en función de su dimensión y composición. Existen pelotas de dimensiones diferentes que pueden oscilar de los 40mm a los 50mm de diámetro y de pesos muy diversos entre 45g y 75g (6). Los factores o características más relevantes de las pelotas de caucho son, su peso y su dureza superficial, además de su composición. En el mercado se pueden encontrar hasta 12 tipos de pelotas diferentes. El problema radica en la ausencia de estándares bien definidos, las remesas de cada tipo de pelota no son idénticas, con esto se genera una variedad de pelotas dentro de cada uno de los tipos. A consecuencia, se pueden distinguir los tipos de pelota, por el hecho de pertenecer a una tirada concreta realizada para generar un tipo de pelota específico, pero no sabes con seguridad como se va a comportar la pelota fabricada. (4)

En la ilustración 4. se muestran dos tipos de pelotas, las pelotas negras de estrella amarilla y las pelotas amarillas de estrella blanca. El color de la pelota no influye en el comportamiento de la misma, el único fin del color es aumentar la capacidad de visualización de la pelota en los frontones, estos por lo general suelen tener las paredes oscuras. La marca de tipo estrella y su color en cambio, define el comportamiento en cuanto a bote. Las pelotas con la marca de color amarillo, indican que el bote de la pelota es mayor que le de las marcas blancas.



Ilustración 4. Pelotas de caucho comprimido empleadas en la paleta goma maciza (6)

Los problemas que pueden identificarse en el rediseño de la pala, vienen dados por la sensación de juego que produzcan estas al ser utilizadas. La pala no puede ser muy ligera, esto provocaría la necesidad de emplear demasiada fuerza a la hora de golpear la pelota. Tampoco puede ser muy pesada, dado que esto haría que el esfuerzo de mover la pala fuese demasiado grande. Pero en relación a estas dos lógicas problemáticas, el mayor inconveniente de una pala son las vibraciones que se pueden llegar a generar a la hora de golpear la pelota. Las vibraciones generan sensación de dolor y no son agradables para el deportista que practica el deporte. Estas se deben a la descompensación entre dureza de zona de golpeo y rigidez del mango. La madera de haya es el material que mejor relación aporta entre dureza y rigidez con la geometría que conocemos hoy en día, esto puede ser debido a los medios de los que se disponían cuando se empezó a fabricar esta herramienta, al ser esta madera el material más abundante y fácil de trabajar, se le acabaría dando la forma necesaria para cumplir su cometido. La rigidez de la madera de haya en relación con la dureza, hacen que la paleta conste de un mango rígido y a su vez una cabeza o zona de golpeo de dureza adecuada. (4)

El objetivo principal del Trabajo de Fin de Grado consistía inicialmente en generar un nuevo diseño de la paleta goma y la comparación del impacto medioambiental de la fabricación de ambos modelos. Para ello, una de las fuentes empleadas ha sido una entrevista realizada a Jesús Urra, aficionado a la paleta goma y colaborador en el estudio y desarrollo de las nuevas pelotas de caucho comprimido y la información aportada por Karey&Solano Footwear S.L. Jesús aportó información de sus numerosos intentos de rediseño de la paleta cuero, fallos, carencias y sensaciones de los diseños que llegó a fabricar y probar. Los modelos que fabricó,

paleta de diferentes tipos de madera como el abedul y las compuestas por formica y aluminio. Todas ellas coincidían en malas sensaciones a la hora de emplearlas. Estas malas sensaciones se debían a las vibraciones generadas en el golpeo y en algunos casos a la necesidad de imprimirle mayor fuerza de golpeo. La empresa Karey&Solano Footwear S.L., aportó información acerca de las características del material; dureza, resistencia a la tracción del material y grado de abrasión. También se facilitó información acerca de la metodología de fabricación de las pelotas. (4)

Carlos Sola Marcilla estudiante de la UPNA, realizó en el año 2015 como trabajo de fin de grado un nuevo modelo de pala para la modalidad de paleta cuero. Este rediseño se llevó a cabo sin previo estudio del comportamiento de los materiales empleados. El modelo que diseñó, se basó en un mango de kevlar acoplado a dos láminas de madera de haya. Pese a que el material de la zona de golpeo se realizase con el material original, con el fin de no alterar las características del golpe, no se tuvieron en cuenta las modificaciones del mismo, dos laminas mecanizadas con zonas debilitadas por el proceso de fabricación. En cuanto al kevlar como material para fabricar el mango, se empleó el material por las características óptimas del mismo, no por el rendimiento estudiado en cuanto a la aplicación de este material en la paleta.

Una vez conocida toda esta información, el rediseño de una pala, en ausencia de conocimiento del comportamiento del material de la pelota y de la mecánica del golpe, carece de sentido, así como la comparación del impacto medioambiental. Tampoco es posible hacer un análisis de ningún material sin saber el comportamiento de la pelota, dado que el impacto de la pala contra la pelota es la que genera las sensaciones de juego.

Por tanto, el Trabajo de Fin de Grado que se desarrollará a continuación, se centrará en el estudio del comportamiento de las pelotas de caucho comprimido, con el fin de comprender cuál es el comportamiento de la pala y de la pelota, para servir posteriormente como base para poder estudiar otros materiales que se comporten de forma similar al de la madera de haya frente a la pelota de caucho comprimido y dejar abierto el camino al rediseño de la paleta empleando otros tipos de materiales, requiriendo un estudio de la forma añadido a la implantación de un nuevo material.

Por otra parte, se realizará el estudio del impacto medioambiental de la fabricación de la pala convencional y de la pelota de caucho comprimido con el fin de identificar algún tipo de mejora en los procesos de fabricación.

4. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio y poder sacar conclusiones de los objetivos citados, los pasos que se llevarán a cabo serán:

- Comprensión de la metodología de juego

Descripción de la metodología y características propias de la práctica de la paleta goma maciza.

- Estudio de las características de la pelota de caucho comprimido

Estudio y análisis de las características de las pelotas de caucho comprimido empleadas en la práctica del deporte analizado.

- Estudio de las características de la paleta de madera de haya

Apartado del trabajo en el que se analizarán las características de la pala como elemento de golpeo de la pelota empleado en la paleta goma maciza.

- Búsqueda de semejanzas con otros estudios

Búsqueda de información del comportamiento de la interacción de la pala y la pelota en comparación a otro deporte de características similares como es el béisbol.

- Realización de ensayos en el laboratorio para caracterizar la pelota

Descripción de la metodología de ensayo llevada a cabo para la obtención de datos del comportamiento de la pelota en diferentes condiciones.

- Estudio del comportamiento de la pelota caracterizada frente a la pala de madera de haya

Apartado dedicado a la comprobación del comportamiento mecánico de la pelota y pala caracterizadas a raíz del estudio y búsqueda de características realizada.

- Diseño de un modelo de fabricación de la pelota de caucho comprimido

Descripción del proceso de fabricación de la pelota de caucho comprimido.

- Diseño de un modelo de fabricación de la pala de madera de haya

Descripción del proceso de fabricación de la paleta goma maciza.

- Realización del estudio de impactos medioambientales de la pelota

Exposición de los resultados obtenidos del estudio medioambiental de la fabricación de la pelota de caucho comprimido.

- Realización del estudio de impactos medioambientales de la pala

Exposición de los resultados obtenidos del estudio medioambiental de la fabricación de la paleta goma maciza.

- Propuesta de nuevos materiales de posible uso para generar un modelo de la pala

Exposición de los materiales que podrían sustituir al material original, madera de haya, en el caso de identificar alguno.

4.1 PALETA GOMA MACIZA

La paleta de goma maciza es la modalidad de pelota vasca más practicada en el norte de España, sobre todo en Navarra, comunidad Autónoma Vasca y la Rioja. Consiste en golpear con una pala de madera de haya una pelota de goma maciza.

Es la modalidad de herramienta más asequible gracias a sus rasgos específicos. El toque, el control, la variedad de técnicas y la diversidad de dianas.

El toque:

Se denomina toque a la combinación de dureza, peso y salida. El equilibrio de estas tres, hace que, al golpear la pelota, esta salga con brillo (sensación visual de un golpeo satisfactorio y bien realizado) y la sensación tanto en el brazo como en la muñeca agrade al jugador.

La dureza de la pelota debe ser lo suficiente como para que esta no se deforme a la hora de golpearla con la pala ni a la hora de que choque con la pared, pero no tan elevada como para romper la pala. Se estima que la dureza ideal está comprendida entre los 85-90 shore A.

El peso de la pelota ha sido un factor que ha sufrido una evolución histórica en cuanto al gusto de los pelotaris que la practicaban. Se ha jugado con pelotas muy ligeras (entre 55 y 60 gramos) apenas sensibles a la hora de golpearlas. También se han empleado pelotas muy pesadas (hasta 77 gramos), difíciles de mover, requerían de más fuerza de impacto y mayor sensación de vibraciones a la hora de golpearla. Actualmente los pesos ideales de las pelotas se estiman en 66g.

La salida, se define como la velocidad con la que la pelota sale de la pala, característica de la pelota que puede confundirse con el peso. Una pelota de poco peso y poca salida puede identificarse erróneamente con una pelota muerta de gran peso.

Cuando estas tres características, peso, dureza y dimensión, se encuentran en el equilibrio adecuado, se considera que la sensación de juego o toque es buena. (6)

El control:

El control es una de las características de esta modalidad que la hacen atractiva para una gran variedad de deportistas. La pelota es muy controlable, es decir, no sale con demasiada velocidad del frontis, no bota demasiado, tanto la pala como la pelota no pesan demasiado y las pelotas no llegan a patinar sobre las paredes y el suelo. Todo esto comparado con otras modalidades en las que se emplean herramientas similares a la paleta. (6)

Variedad de técnicas:

En esta modalidad se emplean las dos manos para jugar, el ritmo de juego te permite cambiar la paleta de mano y es necesario hacerlo en ciertas circunstancias, dado que el revés no es una técnica válida en esta modalidad. Todos los golpes excepto el saque, se pueden realizar a gusto del jugador, puedes dejarla botar, golpear la pelota sin que llegue a botar, puede golpear primero la pared izquierda y después el frontis,... a diferencia de otras modalidades, la paleta goma maciza permite a los pelotaris jugar con mayor libertad de movimiento y golpeo. (6)

Diversidad de dianas:

El fácil control de la pala y de la pelota, permite enviar la pelota a los espacios no cubiertos por los adversarios. Estos espacios, denominados dianas o huecos, pueden surgir en cualquier zona del frontón, cerca del frontis tanto pegado a la pared izquierda como en la zona de la cancha, o en la zona larga del frontón, buscando el rebote. (6)

4.2 PELOTA DE GOMA MACIZA

La pelota de goma maciza o pelota de caucho comprimido, es el material empleado en la modalidad de la paleta de goma maciza. Se denomina material al tipo de pelota que se emplea en cada una de las modalidades de la pelota vasca.

Cada modalidad diferente de pelota vasca, consta de su material o tipo de pelota concreta. Estas pelotas son muy diversas en cada una de las modalidades. Se diferencian tipos de pelotas según las edades en las que se practica, según las capacidades de los deportistas y dependiendo el tipo de juego que se quiera establecer. Esto todo está definido en el reglamento de juego de la FNPV. (3)

Las pelotas de paleta goma, son de muchos tipos. Se clasifican según el bote, peso y dimensión. A su vez, dentro de cada tipo de pelota existe gran variedad de comportamientos diferentes.

A diferencia de las pelotas de otras modalidades, la paleta goma y paleta Argentina se practican empleando pelotas sintéticas. El resto de modalidades emplean pelotas artesanales hechas de cuero, cordel y un núcleo formado por un elemento que permite darle la forma esférica a la pelota. Este elemento puede ser una canica, una pelota de corcho, ...

La principal diferencia entre las pelotas de paleta goma y paleta Argentina, radica en que las pelotas de paleta goma son totalmente macizas, mientras que las pelotas de paleta argentina constan de una cámara de aire que conforma el núcleo de la pelota. La pelota de paleta Argentina se asemeja más a una pelota de frontenis. (4)

4.2.1 TIPOS DE PELOTAS DE CAUCHO PARA PALETA GOMA

Las pelotas de goma maciza o pelotas de caucho comprimido, son pelotas formadas por una mezcla de diferentes tipos de cauchos comprimidos. Existen diferencias dentro de este material en cuanto a las características físicas, mecánicas y químicas. (4)

En el mercado se pueden encontrar pelotas de diferentes pesos, botes, durezas y tamaños, pero solamente se clasifican por el peso, tamaño y bote.

Se asignan a diferentes categorías de deportistas según el tamaño de la pelota, los noveles o principiantes. Por lo general los deportistas jóvenes, emplean pelotas pequeñas y de poco peso. Las pelotas de mayor dimensión y peso se asignan a categorías de deportistas con mayores edades y capacidades físicas. (3) (ANEXO 2)

El mayor problema de clasificación de las pelotas de goma maciza viene dado por la ausencia de estandarización de las pelotas. A lo largo del tiempo, el proceso seguido para la fabricación de las pelotas de goma ha estado sujeto a otras actividades industriales, es decir, la producción de pelotas de goma maciza eran procesos complementarios a la actividad industrial de las empresas que trabajaban con caucho. Los fabricantes de pelotas no tenían como objetivo la fabricación de este material, sino que, su actividad industrial les permitía generar este producto como método de aprovechamiento del material excedente. Esto último se denomina economía circular. El empleo de residuos a la hora de fabricar las pelotas es el responsable de la ausencia de estándares de fabricación de las pelotas. Por ejemplo, una empresa dedicada a la fabricación de suelas de zapatos consta del material y medios para fabricar las pelotas, pero esta no es su actividad principal (ejemplo de la empresa Karey&Solano Footwear). (4)

El no tener como objetivo fabricar el material de forma cuidadosa y estandarizada, supone generar un producto poco homogéneo y muy diverso. Las pelotas que se fabrican dependen del estado del material que se emplea y no se tiene constancia de que las características del material empleado sean siempre las mismas, no existe una ficha técnica que describa las propiedades y características del material.

El hecho de fabricar pelotas con un material de composición desconocida, tiene como consecuencia la obtención de un material que no se sabe cómo se va a comportar. Por esto último, las pelotas que se fabricaban, no podían ser identificadas más que por su peso y dimensión, las características de juego, dependientes del bote, son desconocidas hasta su uso.

En los párrafos anteriores se menciona la clasificación de pelotas según el peso y las dimensiones. Con estas características se pueden clasificar las pelotas, pero no se tiene constancia del comportamiento de la misma. Dentro de un mismo grupo de pelotas del mismo peso y dimensión, existe variedad de botes, o pelotas con capacidad de botar más o menos. Por esta última razón, además del peso y dimensión de la pelota, se marcan las pelotas para identificar su bote. Esta clasificación no siempre es precisa, solamente orientativa.

La clasificación reconocida por los deportistas que practican el deporte se reduce a:

- **El bote** aumenta según el color de la marca de la pelota, siendo el de menor bote el color azul, un bote intermedio las de color verde y las de mayor bote con color amarillo.

- **La forma de la marca** de la pelota define el peso de las pelotas, siendo las cuadradas las más pesadas y las redondas menos pesadas.
- **Las pelotas de marca de estrella** comparten el mismo valor de peso y las amarillas botan más.

No obstante, en competición no se permite el juego de varias de las pelotas citadas, dado que el comportamiento es muy variable dentro de las pelotas de un mismo tipo y marca por las diferencias de composición en el proceso de fabricación indicadas anteriormente.

A continuación se muestran diferentes pelotas del mismo tipo que constan de diferencias notorias en el comportamiento en cuanto al bote.

En la ilustración 5. se muestra una pelota negra de cuadro amarillo, esta consta de un peso elevado y de bote reducido, características principales de esta marca.



Ilustración 5. pelota negra de cuadro amarillo pesada y de poco bote.

En la ilustración 6. se muestra una pelota negra de cuadro amarillo, en este caso la pelota sigue siendo pesada (70 gramos aproximadamente) pero el bote es mayor del que caracteriza a estas pelotas.



Ilustración 6 pelota negra de cuadro amarillo pesada y de elevado bote.

A la hora de comparar las pelotas mostradas en las ilustraciones 5 y 6, se puede afirmar que la clasificación se ha realizado basándose en el peso de la pelota, en ausencia de conocimiento del tipo de bote que tendría, pese a suponerle un bote reducido.

Las pelotas caracterizadas o identificadas pueden ser de cuadro amarillo, las mostradas en las ilustraciones 5 y 6, azul o verde.

Las pelotas de cuadrado azul y verde, son más diversas en comportamiento que las de cuadro amarillo. En competición oficial no están permitidas, dado que dos pelotas de cuadrado verde o azul, se comportan totalmente diferente. Esto se debe al desconocimiento de la composición del material empleado para fabricarlas. No existe relación de peso ni de bote entre las pelotas con las mismas marcas.

Las dos siguientes ilustraciones muestran las pelotas de cuadrado azul y verde nombradas respectivamente.



Ilustración 7 . Pelota negra de cuadrado azul.

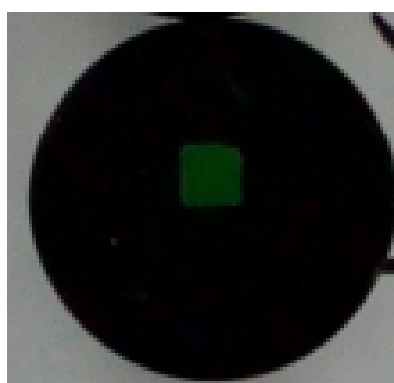


Ilustración 8 . Pelota negra de cuadrado verde.

El método de fabricación de una pelota sin saber el tipo de material y las características de este, tiene como consecuencia la fabricación de tiradas de pelotas, que en un principio se pretende que sean iguales, pero que cambian sus características en cada una de las tiradas fabricadas. De aquí la afirmación de la ausencia de estandarización del material. (4)

Los ensayos diseñados intentarán establecer un método más empírico de clasificación. Todo esto se demostrará en los ensayos que se llevaran a cabo para comprobar el comportamiento de las pelotas en diferentes situaciones del que se hablará a lo largo de este trabajo.

4.2.2 ESTANDARIZACIÓN DEL MATERIAL DE LAS PELOTAS DE CAUCHO COMPRIMIDO

La ausencia de material normalizado y estandarizado para la fabricación de las pelotas, da lugar a una clasificación muy extensa en la que es difícil diferenciar los tipos de pelota en cuanto a su comportamiento durante el juego.

Dentro de cada uno de los tipos de pelota citados en el punto anterior, existe una gran variedad de comportamiento diverso a la hora de jugar con ellas. Las clasificaciones de tipo de marca y color, abarcan las características de peso y bote, aunque no siempre son precisas.

Durante los últimos años, la empresa Karey & Solano footwear sl, en colaboración con Jesús Urra, ha llevado a cabo un estudio en los laboratorios de dicha empresa para poder comprender el comportamiento de las pelotas en consecuencia con su composición y características físicas y mecánicas.

Los estudios realizados por dicha entidad, han demostrado que el comportamiento de la pelota depende tanto del peso y dimensión de la pelota, como se mencionaba anteriormente, así como de las características del material empleado para fabricarlas y las características mecánicas y físicas correspondientes a la dureza superficial de las pelotas.

El motivo de estudio del comportamiento de las pelotas, vino dado a raíz de querer fabricar pelotas estándares de un comportamiento concreto y controlado.

El proceso que llevo a cabo la empresa y el experto citado, consistió en la fabricación de una tirada de pelotas y su testeo mediante el juego (método empírico basado en sensaciones de juego) en condiciones reales. Esto se realizó de manera sucesiva, abarcando los cambios que los pelotaris deseaban ver reflejados en cada tipo de pelota que se fabricaba en cada tirada.

Después de un proceso de selección llevado a cabo durante unos cuantos años, la empresa Karey & Solano Footwear S.L. ha conseguido estandarizar la fabricación de dos tipos de pelotas caracterizadas con una marca en forma de estrella.

Estas pelotas a diferencia de las pelotas fabricadas hasta el momento, constan de una ficha técnica en la que se reflejan las características de dicha pelota y su composición y proceso de fabricación está controlado y estandarizado. De este modo se ha conseguido fabricar tiradas de pelotas con las mismas características sin diferencias notorias a la hora de jugar con ellas. (Anexo 3)

En las tablas 1 y 2 se muestran las características recogidas en las fichas técnicas de las pelotas con marca estrella blanca y amarilla respectivamente.

Metodo de ensayo	Características técnicas	Unidad	Valor obtenido	tolerancia
UNE-EN ISO 868:2003	Dureza	Shore A	85	85+/-3
UNE 53526:2001-A	Densidad	Gr/cm ³	1,15	
UNE-EN 12770:2000	Abrasión	mm ³	136	
UNE-EN 12771-2000	Desgarro pantalón	daN/cm	21,87	
UNE EN 12803:2001	Carga rotura	daN/cm ²	10,38	
UNE-EN 12803:2001	alargamiento	%	510	

Tabla 1. características técnicas de las pelotas de estrella blanca/verde.

Metodo de ensayo	Caracteristicas técnicas	Unidad	Valor obtenido	tolerancia
UNE-EN ISO 868:2003	Dureza	Shore A	85	85+/-3
UNE 53526:2001-A	Densidad	Gr/cm ³	1,15	
UNE-EN 12770:2000	Abrasión	mm ³	155	
UNE-EN 12771-2000	Desgarro pantalón	daN/cm	24,8	
UNE EN 12803:2001	Carga rotura	daN/cm ²	16,7	
UNE-EN 12803:2001	alargamiento	%	523	

Tabla 2. características técnicas de las pelotas de estrella amarilla.

4.2.3 CURIOSIDADES

Las pelotas de caucho comprimido tienen una larga duración de vida útil. Es decir, es más fácil perder una pelota que romperla.

A pesar de que a simple vista parece que las pelotas están formadas por dos semiesferas unidas, las pelotas se fabrican a partir de un solo tocho de material (esto último se explica en el apartado del ciclo de vida de la pelota de caucho comprimido, a lo largo de este trabajo). Por esta última razón, muy rara vez se va a ver una pelota rota por desprendimiento de alguna de las partes de esta misma.

La rotura de pelotas se suele dar de dos maneras diferentes. Por agrietamientos interno o externos.

Los agrietamientos internos pueden surgir a consecuencia de algún fallo a la hora de su fabricación o por la aparición de algún cuerpo extraño en su interior o una burbuja de aire.

Los agrietamientos externos en cambio, pueden venir dados a raíz del uso o por las condiciones de conservación que pueden afectar a la superficie de la pelota. (4)

4.3 PALETA DE MADERA DE HAYA

La paleta goma o paleta goma maciza, se practica empleando una pala de madera de haya también denominada herramienta.

Se consideran herramientas, todos los accesorios o elementos empleados en las diferentes modalidades de pelota vasca que tienen como fin imprimir velocidad y movimiento a las pelotas que se empleen en cada una de las modalidades.

La herramienta empleada en la paleta goma, es una pala fabricada a partir de madera de haya. La forma de la pala ha sido normalizada por selección natural. Durante años de pruebas se ha llegado a la forma que se conoce hoy en día.

Existen diferentes tipos de paletas, de una sola pieza, con refuerzos (varillas de madera de haya colocadas de forma transversal para aportar resistencia y evitar problemas de rotura), de diferentes tamaños para diferentes edades y de diferentes pesos. Pese a la variedad de tipos, siempre se fabrican a partir del mismo material, la madera de haya, concretamente la haya europea.

La madera de haya es una madera que reúne las condiciones de densidad y rigidez adecuadas para fabricar este tipo de herramienta. Todas las modalidades que emplean palas como herramienta, exceptuando la paleta Argentina, herramienta fabricada a partir de tarugos de aluminio y madera propia de Argentina, se fabrican empleando madera de haya. (7)

La paleta Argentina se fabrica empleando madera disponible en Argentina. Al no haber madera de características adecuadas como para obtener una única pieza de la que generar la herramienta, se construye empleando laminados de madera extraídas de troncos de menor diámetro.

Las diferentes herramientas se fabrican en consecuencia a las exigencias de cada modalidad. El peso de la pala y la pelota no es el mismo y por lo general, cuanto más exigente es el material (se denomina material al tipo de pelota empleado en cada una de las modalidades) más robusta es la herramienta. (anexo 1)

Una de las características de la madera de haya, como en otros tipos de maderas, es la diferencia de densidad de la madera a lo largo del tronco, siendo esta mayor en la parte inferior (8) . Está formado por sucesivas “capas” conocidas como vetas. Las vetas de la madera reflejan el crecimiento del tronco en un ciclo, por lo general un año. Por esto último, las vetas de la parte inferior del tronco son considerablemente mayores que las vetas de la parte media o superior del tronco.

Las vetas de las zonas bajas del tronco constan de mayor tamaño dado que se trata de la zona con mayor densidad y tiempo de crecimiento del árbol. Esto último se debe al endurecimiento de la albura, madera joven del árbol que contiene mayor cantidad de savia, esto hace que esta parte del tronco se vuelva más dura y densa con el paso del tiempo. En la ilustración se muestra la disposición longitudinal de las vetas de la madera. (9)



Ilustración 9. Disposición de las vetas en la paleta goma maciza. (9)

A mayor veta, mayor es la resistencia de la madera, se requiere de fuerzas mayores para que la veta se desprenda del tocho de madera. Esta última es una de las roturas más características de una pala, el desprendimiento de una de las vetas laterales a consecuencia de un mal golpeo. (10)

A la hora de seleccionar una parte del tronco para fabricar una pala, el grosor de la veta influye de dos formas. La primera, cuanto mayor es la veta, menor es la posibilidad de rotura de una de ellas. Por otra parte, la madera es más densa en la parte inferior del tronco, 701-730 Kg/m³ y valor de dureza de 4 en el test de Monnin (11). Por estas dos razones, se emplean las diferentes partes del tronco para fabricar diferentes tipos de herramientas.

Las propiedades mecánicas de la madera de haya europea generales son:

- Resistencia a flexión: 1000 Kg/cm²
- Resistencia a la compresión: 580 Kg/cm²
- Resistencia a la tracción paralela: 1200 Kg/cm³
- Módulo de elasticidad: 150.000 Kg/m²

En modalidades de material más exigente como la pala corta o pala larga, se emplean las partes del tronco con mayores vetas, parte inferior del tronco. Mientras que, en modalidades menos exigentes, como es el caso de la paleta goma, se emplean las partes del tronco de vetas con espesor más reducido. Esto se corresponde a lo que se ha mencionado en el apartado anterior, la posibilidad de romper una veta es mayor en modalidades que constan de material más exigente. (4)

Todas las herramientas se fabrican con la disposición de la veta en forma longitudinal, esto hace que la resistencia de la pala frente al impacto de la pelota sea mayor. En algunas palas como la pala de palo cuero y paleta goma, además, se emplean unos refuerzos de madera de haya dispuestos de forma transversal en la zona de golpeo, “a contra veta”, añaden resistencia a la posibilidad del desprendimiento o rotura de las vetas, dado que son modalidades donde se emplean partes del tronco con espesores de veta más reducido.

En la paleta goma, se emplean las partes del tronco de haya más cercanas a la copa del árbol. El espesor de las vetas es poco apreciable y por ello se emplean entre 3-6 refuerzos del mismo material. (5)

Otra característica de las palas de paleta goma es la posibilidad de generar agujeros alrededor del punto dulce (zona de golpeo de mejor comportamiento en relación al mayor rendimiento de golpeo y menor generación de vibraciones) de la pala. Estos agujeros permiten reducir la resistencia que se genera al mover la pala, el aire pasa por los agujeros, lo que evita al deportista tener que mover la masa de aire que desplaza con la zona ancha de la pala.

La FNPV (12) expone que todas las palas de paleta goma, deben cumplir los parámetros dimensionales establecidos en cuanto a la longitud, anchura, espesor y peso. (Ilustración 3)

- Anchura: 170mm
- Longitud: 505mm
- Espesor: 18mm
- Peso: 480/600 grs

La rotura de las palas es provocada por el uso de las mismas, por lo general, si no existe ningún tipo de imperfección en el material, nudos, grietas, cuerpos extraños, ... la pala se va a ver deteriorada por el mal golpeo. Un mal golpeo puede generarse a la hora de golpear tanto la pared como el suelo o bien si se juega con una pelota de peso elevado, por no acertar el golpeo en el punto dulce de la pala. Esto último se conoce como empalar, cuando se dice que se ha empalado bien, se refiere a la realización de un golpe limpio con el punto dulce de la pala, este golpe se refleja en la salida de la pelota y en el ruido que genera. Un golpe no empalado, genera vibraciones, ruidos extraños y en casos extremos la rotura de la pala. (4)

4.4 SIMILITUDES CON EL ESTUDIO DE DANIEL RUSSELL

Para entender el comportamiento de la pala y la pelota en el momento en el que se genera el impacto, se han buscado similitudes respecto al estudio del comportamiento de un bate de béisbol frente a la pelota de béisbol. Esto se debe a la ausencia de información y estudios a cerca de la pala y la pelota de goma. Teniendo en cuenta que tanto los materiales como las geometrías de los cuerpos estudiados son diferentes, la pala es un elemento de golpeo de cara plana y el bate de forma cilíndrica, se ha intentado entender el comportamiento de la pala y la pelota en comparación al bate y la pelota de béisbol.

4.4.1 MECÁNICA DEL GOLPEO

En el estudio de Daniel Russell (13) se grabaron a cámara lenta el impacto de una pelota de béisbol lanzada con un cañón frente a un bate fijado. Se realizó el ensayo a diferentes velocidades de la pelota, para observar como variaba el resultado en relación al cambio de velocidad.

Se concluyó, que la pelota experimentaba una cantidad significativa de deformación durante la colisión o impacto, mucho mayor que la que sufría el bate. Además, comparando los diferentes ensayos a diferentes velocidades, se observó que la deformación era mayor para velocidades de pelota más rápida.

Suponiendo que existe similitud en el comportamiento entre la pala y el bate y la pelota de béisbol y la pelota de caucho comprimido, podemos deducir que, en el caso de la pala y la pelota de goma, la pelota va a ser la que experimente una cantidad significativa de deformación durante el impacto y además, que esta va a ser considerablemente mayor que la que sufra la pala. También, podemos deducir que la deformación de la pelota será mayor cuanto mayor sea la velocidad de esta.

En el ensayo de Russell se observó una reducción de velocidad considerablemente menor después de que la pelota impactase contra el bate. Este efecto se mide como el coeficiente de restitución, relación entre la velocidad de entrada y la velocidad de salida. Concluyeron, que el coeficiente de restitución disminuía de forma lineal, aproximadamente, al aumentar la velocidad de la pelota.

Si contemplamos la posibilidad de que la pelota de goma actúe de la misma forma, podemos asumir que la pelota perderá parte de la energía cinética en el momento del impacto en forma de energía de deformación y pérdidas por rozamiento, por lo que, la pelota de goma se comportará de forma similar a la pelota de béisbol una vez golpee la pala.

Esta parte del experimento de Russell se llevó a cabo con el elemento de golpeo fijado, es decir, la pelota era la que golpeaba el bate. En la práctica, los dos cuerpos se encuentran en movimiento. Esto no debería de alterar las conclusiones obtenidas, si suponemos que la ecuación contiene dos objetos que se mueven en direcciones opuestas en un sistema lineal, en el experimento se puede llegar a una situación en la que la suma de las fuerzas simule la situación real manteniendo un cuerpo en situación estática.

En el caso de la pala de madera de haya y la pelota de goma, los resultados de este mismo experimento estarían condicionados con la velocidad de la pelota y las características mecánicas de la pala y de la pelota. Habría que analizar cómo se transforma toda la energía cinética de la pelota, pérdidas que se sufren por el comportamiento de la pelota y pérdidas producidas por el comportamiento de la pala. (11)

4.4.2 FUERZAS ENTRE LA PALA Y LA PELOTA

En el apartado anterior se ha analizado el comportamiento de los cuerpos frente al impacto con el útil de golpeo en situación estática. En este punto se analizará lo que sucede cuando ambos cuerpos se encuentran en movimiento.

Russell estudio lo que sucedía cuando un bate en movimiento golpeaba una pelota que se movía a cierta velocidad a dirección opuesta al bate. En el caso de la pala y la pelota sucede lo mismo, pareciéndose esta situación a un golpeo de aire (golpe que se aplica a la pelota nada más salir del frontis, sin dejarla botar, situación más extrema del golpeo en la paleta goma).

El impacto entre el bate y la pelota se considera extremadamente violento. En este golpeo el bate imparte una enorme fuerza a la pelota, lo que hace que esta cambie de dirección y gane velocidad. Tanto con el bate como con la pala, podemos tener dos situaciones de golpeo diferentes; la descrita al principio de este párrafo o la situación en la que la pelota salga con menos velocidad a raíz de un mal golpeo. Considerando que la primera situación, la más probable o deseada, también se puede dar en el caso de la pala, los siguientes cálculos se pueden aplicar al conjunto de la paleta y la pelota de goma, aplicando los datos correspondientes a su juego.

Empleando la segunda ley de Newton, se puede estimar la fuerza promedio que actúa sobre la pelota durante la colisión.

$$F = ma$$

Ecuación 1

$$a = \frac{v_f - v_0}{t}$$

Ecuación 2

La masa de la pelota de goma es de 66g aproximadamente, la velocidad inicial de 40m/s hacia la pala, se estima que el tiempo de contacto es de 0.0003s y se asume que la pelota sale a 50m/s una vez ha sido golpeada con la pala. (datos experimentales escogidos al azar)

Teniendo en cuenta estos datos el valor de la fuerza entre la pala y la pelota es de 19800N en la situación más desfavorable.

Russell observó en su estudio, que la fuerza que el bate ejercía sobre la pelota no era una constante durante toda la duración del contacto, sino que se trataba de un comportamiento sinusoidal, comenzando y terminando en cero y alcanzando su punto máximo aproximadamente a la mitad de la duración del contacto. La siguiente imagen refleja esto último.

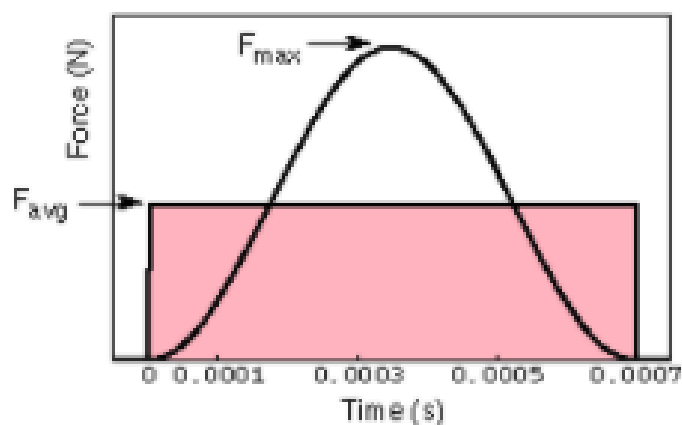


Ilustración 10. Comportamiento sinusoidal del impacto de la pelota de béisbol (11)

Aplicando esta conclusión al caso de la pala, se puede deducir que al igual que en el bate de béisbol, la fuerza máxima se ejercerá al transcurso de la mitad del tiempo de impacto, siendo el valor de esta mucho mayor que el valor de la fuerza promedio calculada en los párrafos anteriores. La fuerza promedio calculada corresponde a la zona coloreada de la imagen, siendo esta el resultado de la integración de la función de la fuerza durante el tiempo de contacto. (12)

4.4.3 PESO DE LA PALA, VELOCIDAD DEL GOLPEO Y VELOCIDAD DE LA PELOTA DE GOMA

Siguiendo las conclusiones del estudio de Russell, el impacto de la pala y la pelota es una colisión entre dos objetos, y en su análisis más simple, se puede considerar que la colisión ocurre en una dimensión. En realidad, la mayoría de las colisiones entre la pala y la pelota requieren de un análisis bidimensional, dado que se le puede impartir efecto a la pelota a la hora de realizar un golpeo y así suele ser la mayoría de las veces.

Manteniendo la condición de un análisis en una dimensión (situación que emplearemos a la hora de realizar el estudio del comportamiento de la interacción de la pala y la pelota), la pelota m_1 y la pala m_2 tienen velocidades iniciales antes de la colisión (subíndice “b”), siendo la velocidad de la pelota negativa. Después de la colisión (subíndice “a”) tanto la pala como la

pelota tienen velocidades positivas. Esto se muestra en la imagen representada en el estudio de Russell con el bate y la pelota de béisbol.



Ilustración 11 Dirección y velocidades de las pelotas antes y después del impacto (13)

Mediante la relación física conocida como la conservación de momento lineal, se pueden relacionar las velocidades iniciales y finales y las masas de los dos cuerpos. El momento lineal es el producto de la masa y la velocidad de un objeto, $p=mv$. Si la fuerza neta que actúa sobre un sistema de objetos es cero, entonces el momento total del sistema es constante. Mientras que la pala y la pelota están en contacto, el jugador está ejerciendo una fuerza sobre la pala; la fuerza necesaria para hacer pivotar la pala. De modo que, en un análisis completamente correcto, el impulso no es constante debido a esta fuerza ejercida por el jugador que golpea con la pala. Sin embargo, la fuerza que ejerce el jugador sobre la pala es mucho menos que las fuerzas entre la pala y la pelota durante la colisión, y el tiempo de contacto entre la pelota y la pala es muy corto. Esto permite ignorar la fuerza que ejerce el jugador sobre la pala durante la colisión entre la pelota y la pala sin afectar significativamente a los resultados.

Si se ignora la fuerza del jugador sobre la pelota, se puede expresar la conservación del impulso lineal estableciendo el impulso total antes de la colisión igual al impulso total después de la colisión:

$$m_1 v_{1b} - m_2 v_{2b} = m_1 v_{1a} - m_2 v_{2a} \quad \text{Ecuación 3}$$

Para resolver este problema se necesita de otra ecuación que aporte información a la ecuación de conservación del impulso. La ecuación de conservación de la energía, relaciona el cambio en la energía cinética, el cambio en la energía potencial y cualquier trabajo realizado por fuerzas no conservadoras como la fricción. El cambio en la energía cinética incluye información sobre las velocidades de la pelota y la pala antes y después de la colisión. Durante la colisión, la pelota sufre una compresión significativa y las fuerzas de amortiguación convierten gran parte de la energía cinética inicial de la pelota en calor. El cambio de la energía potencial y el trabajo realizado por la ficción describen la cantidad de energía inicial que se pierde durante la

compresión de la pelota. La forma en que estas energías se relacionan durante la colisión de la pala y la pelota es complicada. Sin embargo, la relación efectiva entre las propiedades elásticas de la pelota y las velocidades relativas de la pala y la pelota se pueden resumir en términos de coeficiente de restitución (e)

$$e = \frac{v \text{ relativa despues de colisión}}{v \text{ relativa antes de colisión}} = - \frac{v_{1a}-v_{2a}}{v_{1b}-v_{2b}} \quad \text{Ecuación 4}$$

El coeficiente de restitución de una pelota de béisbol o softbol disminuye al aumentar la velocidad de la pelota entrante. Suponiendo que la pelota y la pala se comportan de forma similar, se puede asumir que el coeficiente de restitución de la pelota de goma disminuye al aumentar la velocidad de la pelota entrante.

Suponiendo una velocidad de entrada constante con la combinación de las dos últimas formulas se puede calcular la velocidad de la pelota después de la colisión.

$$v_{1a} = \frac{(m_1 - em_2)v_{1b} + (m_2 + em_2)v_{2b}}{m_1 + m_2} \quad \text{Ecuación 5}$$

Con esta última formula se observa como la velocidad de la pelota golpeada depende de la masa de la pelota y de la masa del bate (0.94-1 Kg), la elasticidad de la bola, la velocidad de entrada de la bola y la velocidad del golpeo de la pala. (14)

4.4.4 EL PUNTO DULCE

El punto dulce de una pala al igual que el de un bate, se puede definir de diferentes maneras:

- La ubicación que produce la menor sensación vibratoria (picadura) en las manos del deportista
- La ubicación que produce la máxima velocidad de la pelota golpeada
- El lugar donde se transmite la máxima energía a la pelota
- La ubicación donde el coeficiente de restitución es máximo
- El centro de percusión
- En nodo del modo vibracional fundamental
- La región entre los nodos de los dos primeros modos vibracionales
- La región entre el centro de percusión y el nodo del primer modo vibracional

En la siguiente ilustración se muestra el punto dulce de la pala, zona que recoge los puntos de mayor relevancia en cuanto al impacto frente a la pelota.



Ilustración 12. Representación gráfica de la zona considerada punto dulce de la paleta goma maciza.

Todos estos puntos dulces se encuentran en una ubicación diferente tanto del bate como de la pala, por esa razón, se define el punto dulce como una región donde se concentran la mayor parte de los puntos dulces citados.

En el artículo de Daniel Russell, se estudian dos regiones con criterios diferentes. El primero abarca los puntos donde el rendimiento de golpeo es máximo, y el segundo estudia la región donde se minimiza la sensación de la mano o picadura.

4.4.4.1 UBICACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMO RENDIMIENTO

En primer lugar, se debe definir el concepto de rendimiento máximo. En el estudio de Russell se emplean dos métricas de uso frecuente para comparar el rendimiento, la eficiencia de colisión e_A (coeficiente de restitución aparente) y la velocidad de la bola golpeada (v_{1a}).

La eficacia de la colisión se usa para determinar la relación de velocidad de salida de la pelota y para calcular el factor de rendimiento del elemento empleado para golpear la pelota. En el caso de los bates, la eficiencia de la colisión se determina por las propiedades elásticas relativas al bate y la pelota, medidas a partir de un lanzamiento de la pelota mediante un cañón, y la toma de velocidades de entrada y salida de la pelota.

$$e_A = V_f / V_0$$

Ecuación 6

La velocidad de la bola bateada se calcula a partir de la eficiencia de la colisión, dependiendo también del momento de inercia del bate y de la ubicación del impacto.

Del mismo modo se puede calcular la ubicación del punto máximo de rendimiento de la pala, aplicando la fórmula del coeficiente de restitución aparente. Cuanto mayor sea el factor de restitución, mayor será el rendimiento del punto de la pala con el que se golpee la pelota.

4.4.4.2 UBICACIÓN DEL PUNTO DE MÍNIMA SENSACIÓN EN LA MANO

Se entiende como el punto de sensación mínima, el punto de golpeo donde la vibración sentida es menor.

En el caso de los bates, según el estudio de Russell, y en el caso de la pala, existen similitudes. Cuando la pelota golpea el extremo más alejado del punto de amarre, tanto en el bate como la pala, se produce una vibración que genera un zumbido en la mano que lo sujeta, mientras que los impactos cerca del punto de amarre tienden a provocar dolor agudo. Además, en el caso de la pala, los golpes realizados con las zonas laterales, o golpes realizados alrededor del punto medio de la zona de golpeo, también generan sensación de zumbido.

Si se tienen en cuenta las dos ubicaciones mencionadas, se deduce que el punto dulce de un bate o de la pala está compuesto por diferentes puntos, dado que la ubicación del punto de mayor rendimiento puede generar incomodidades y la ubicación del punto menos sensible no corresponde al de mayor rendimiento, el punto dulce del bate y de la pala estará formado por una región donde estas dos características se complementen. (15)

Para el caso particular de la pala, se puede considerar que el punto dulce, teniendo en cuenta el punto de máximo rendimiento y el punto menos sensible, se encuentra en el eje vertical coincidente con el centro del mango. Por lo general este punto viene acotado por los agujeros de reducción de resistencia al aire.

4.4.5 IMPORTANCIA DE LA FUERZA DE AMARRE

Un experimento llevado a cabo en 1990 por el experto en ciencias del tenis Howard Brody (18), demostró que un jugador podría lanzar el bate a la pelota, golpear la pelota sin agarrar el bate y esto, tendría el mismo efecto que agarrar el bate con fuerza para golpear la pelota.

Dedujo todo esto a raíz de realizar pruebas sobre bates en suspensión y bates amarrados, obteniendo frecuencias de vibración similares.

Otro experimento realizado por Rod Cross (19), basado en lanzamiento de bolas contra vigas de aluminio de varias longitudes y la medición del coeficiente de restitución aparente, dio como resultado, para impactos a lo largo de toda el área de golpe de un bate de béisbol, que el mango no debería tener ningún efecto en absoluto. Solo para los impactos directamente en el mango importaría el agarre.

Esto último lo confirmaba con los datos obtenidos en los experimentos.

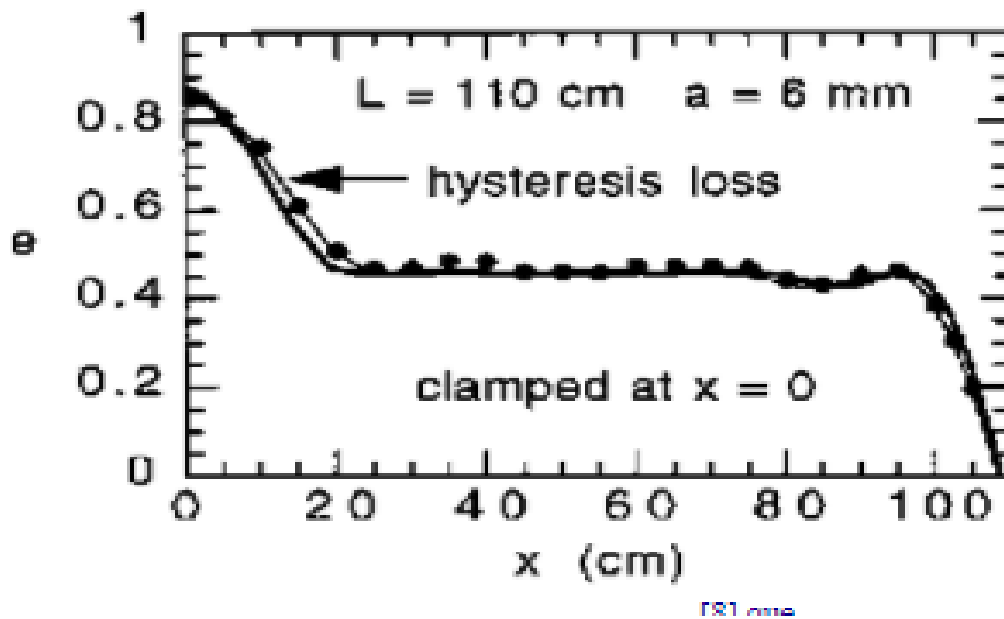


Ilustración 13. Representación del factor de restitución del impacto de la pelota según el punto del bate donde se realiza el impacto sujeto en el eje x (14)

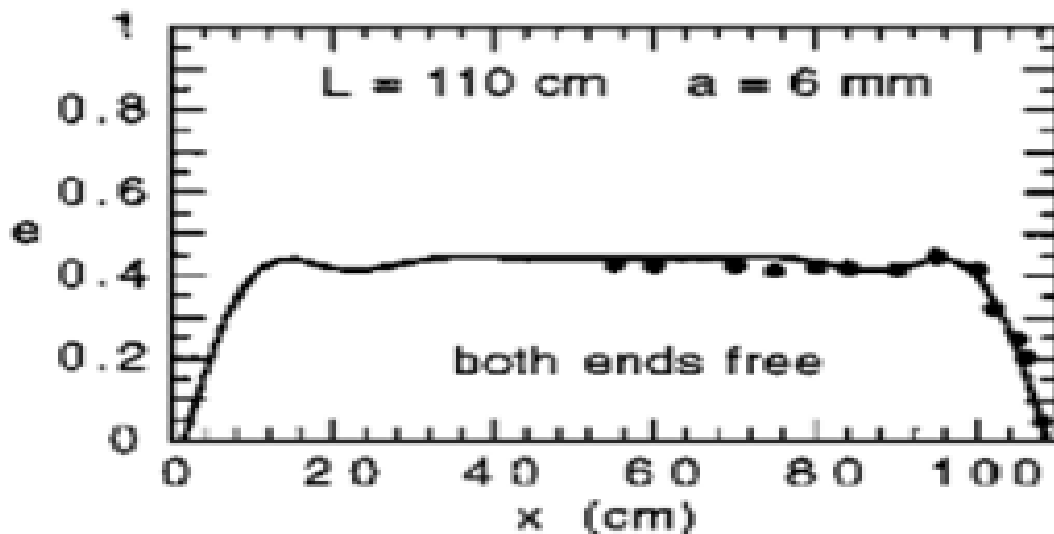


Ilustración 14. Representación del factor de restitución del impacto de la pelota según el punto del bate donde se realiza el impacto libre en los dos extremos (14)

Como se muestra en las ilustraciones 13. y 14., para una viga suficientemente larga, el impacto de una bola cerca de un extremo de una viga, no se ve afectado por la longitud de la viga o el método de apoyo en el otro extremo. El factor de restitución aparente para un impacto en cualquier lugar a lo largo de la sección central de una viga, es independiente de la ubicación del impacto y no se ve afectado por la longitud de la viga o el método de apoyo.

La explicación de este resultado se basa en que, se necesita tiempo para que la energía vibratoria viaje desde el punto de impacto a lo largo de la viga, bate o pala; se refleje desde el

final y regrese al punto de impacto. Si el impacto ocurre cerca del final, entonces el tiempo de viaje hasta el final es lo suficientemente corto como para que el impulso regrese antes de que termine la colisión entre la pelota y el bate o la pala, la colisión se ve afectada por el regreso de esta. Sin embargo, para impacto lo suficientemente lejos del final, el impulso no puede llegar al final, reflejarse y regresar antes de que termine la colisión. La pelota rompe el contacto antes de saber que existe el final.

Alan Nathan (20) desarrolló un modelo computacional que estudiaba la colisión entre el bate y la pelota para confirmar la idea de que la colisión entre el bate y la pelota, terminaba antes de que la pelota tuviese información sobre el extremo del mango del bate, es decir, confirmó que el tiempo que transcurre desde que un impulso vibratorio generado por el golpeo de la pelota, tarda más en viajar desde el lugar del impacto hasta el mango y viceversa que la duración del impacto de la pelota.

Keith Koenig (21) en colaboración con la universidad de Mississippi, realizó un experimento que confirmaba las conclusiones a las que llegó Alan Nathan con su modelo computacional. Investigó tres condiciones de agarre diferentes para comprobar si existía relación entre el tipo de agarre del mango y el comportamiento de la pelota. Estudio tres condiciones de agarre:

- Libre (bate suspendido en el aire con posibilidad de balanceo)
- Pivote (sujeción en forma de pivote a diferentes distancias a lo largo del bate)
- Golpe de swing (situación de juego en la que el deportista agarra el bate con las manos)

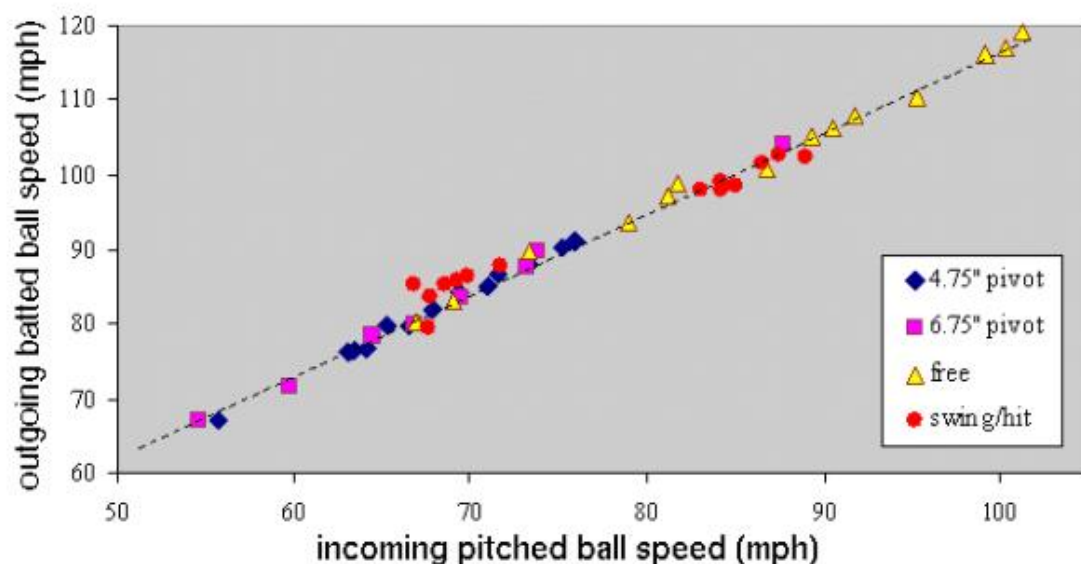


Ilustración 15. Comportamiento de la pelota según el modo de amarre del bate (11)

En la ilustración14. se muestran los resultados que obtuvo tras realizar las pruebas con las tres condiciones citadas. Se observa que todos los puntos trazados tras testear las diferentes condiciones, caen sobre la misma línea recta, esto indica que la condición de amarre no altera la velocidad de la bola bateada. Si el amarre afectase al rendimiento, se deberían diferenciar

cuatro rectas diferentes, una para cada uno de los casos ensayados. Los resultados del estudio de Koenig (21) demostraron que no hay diferencia notable en el rendimiento de un bate sujeto mediante pivote, libre o agarrado con las manos.



Ilustración 16. Jugador de béisbol realizando un home run sin sujetar el bate a la hora de golpear la pelota (11)

En la ilustración 15. se muestra un golpe que termina en home run, golpe que provoca la salida de la pelota del recinto de juego. Se puede observar como el jugador ha soltado o se le ha escapado el bate de entre las manos antes de que este impacte contra la pelota, a pesar de esto, la pelota salió de la pista.

Una vez analizadas las evidencias que Daniel Russell recogió para confirmar que la fuerza o forma de amarre de un bate no influyen en el resultado del golpeo de la pelota, se asume que para la pala es igual. Siempre y cuando las condiciones de golpeo sean realizadas en los puntos óptimos, la forma y fuerza con la que agarremos la pala no influirá en el resultado del golpeo. (13)

4.5 ENSAYOS PELOTA DE CAUCHO

Para analizar el comportamiento del impacto de la pelota sobre la pala de madera de haya, en primer lugar, hay que saber cómo se comporta la pelota. Teniendo en cuenta que existen diferentes tipos de pelotas, como se ha explicado en el apartado pelota de goma maciza, se deben realizar los ensayos con diferentes pelotas para ver cuál de ellas es la más adecuada para realizar el estudio.

Como ya se ha mencionado antes, existen diferentes tipos de pelotas, en general, el bote de la pelota está directamente relacionado con el peso de la misma, es decir, cuanto más pesa la pelota, menos bota.

La dureza de la pelota, cambia conforme cambia la temperatura de la misma, cuanto más caliente esté la pelota, menor será la dureza de esta.

Lo que se quiere comprobar, es el comportamiento de la pelota en diferentes situaciones. Por experiencia, se sabe que las pelotas cambian su comportamiento según se van calentando, la elasticidad aumenta en relación con el aumento de temperatura. Al principio, cuando están “frías” (a temperatura ambiente) el bote es menor y según se van calentando a base de golpearlas con la pala, obtienen el bote adecuado o el bote de juego. A la hora de hacer el ensayo, el dato de temperatura más relevante será el de la temperatura de juego, dado que podemos practicar el deporte en circunstancias muy diversas. Puede darse la situación en la que la temperatura ambiente sea muy diferente a la temperatura de juego de la pelota y necesitaremos golpear durante más tiempo la pelota para alcanzar la temperatura de juego, o podemos encontrarnos con una temperatura ambiente muy próxima a la de la temperatura de juego de la pelota, lo que nos facilitara el llegar a esta.

La diferencia de temperatura nos ayudará a ver cómo se comporta el material en diferentes situaciones, pero a la hora de realizar el ensayo y las comprobaciones, consideraremos que la pelota se encuentra a una cierta temperatura, la adecuada para jugar.

Lo que se pretende estudiar, son los cambios de las características de la pelota de su estado inicial (en frío) al estado de juego (una vez calentada). Por otra parte, se pretende estudiar el comportamiento de la pelota y de la pala una vez la pelota haya alcanzado el punto de juego, con esto último, se podrá estudiar que materiales se comportaran de forma similar a la madera de haya y así proponer algún material de estos para poder realizar un nuevo prototipo de pala.

4.5.1 CAMBIO DE CARACTERISTICAS DURANTE EL JUEGO

Se ha realizado un ensayo orientativo para visualizar a groso modo cómo se comporta la pelota en frío y en caliente a la hora de jugar con ellas. En este ensayo se han empleado las siguientes pelotas:

- Pelota negra de cuadrado verde
- Pelota negra de círculo verde
- Pelota negra de estrella blanca
- Pelota negra de estrella amarilla

Las pruebas realizadas a estas pelotas han sido, la toma de temperatura mediante termómetro láser, una medición de la dureza superficial mediante un durómetro y observar el bote de la pelota dejándola caer desde dos metros de altura. Estas pruebas se han realizado con la pelota en frío y después de jugar con ellas. Los datos obtenidos no se pueden emplear para realizar el estudio, dado que las herramientas de medición empleadas y las condiciones no eran las ideales, pero permiten observar el cambio de comportamiento del material.

PELOTA NEGRA DE CUADRADO VERDE

Bote (caída 2m) - cm	Temperatura superficial- (cº)	Dureza superficial -(Shore A)
40	26.5	85
60	34	77

Tabla 3. Toma de datos orientativa pelota negra de cuadro verde

PELOTA NEGRA DE CÍRCULO VERDE

Bote (caída 2m) - cm	Temperatura superficial- (cº)	Dureza superficial -(Shore A)
38	26.5	65
63	30.5	65

Tabla 4. Toma de datos orientativa pelota negra de círculo verde

PELOTA NEGRA DE ESTRELLA BLANCA

Bote (caída 2m) - cm	Temperatura superficial- (cº)	Dureza superficial -(Shore A)
70	26.5	85
70	31	80

Tabla 5. Toma de datos orientativa pelota negra de estrella blanca

PELOTA NEGRA DE ESTRELLA AMARILLA

Bote (caída 2m) - cm	Temperatura superficial- (cº)	Dureza superficial -(Shore A)
75	26.5	85
75	31	75

Tabla 6. Toma de datos orientativa pelota negra de estrella amarilla

Como se puede observar en las tablas, la pelota negra de cuadrado verde, cambia tanto el bote como la dureza superficial en proporciones considerables, lo que demuestra que el comportamiento de la pelota cambia según se juega con ella.

En el caso de la pelota negra de círculo verde, el bote cambia considerablemente mientras que la dureza superficial no aprecia ningún tipo de cambio aparente (esto puede ser debido a una mala medición o un tiempo de juego demasiado reducido).

Por último, las pelotas con marca de estrella, no cambian el bote en frío y en caliente, aunque las durezas sí se ven reducidas.

Esta toma de datos se considera orientativa, sirve para ver que las pelotas cambian su comportamiento en mayor o menor medida.

4.5.2 ENSAYO DE MATERIALES EN EL LABORATORIO KAREY &

SOLANO FOOTWEAR S.L.

El ensayo llevado a cabo en los laboratorios de la empresa KAREY & SOLANO FOOTWEAR S.L., empresa dedicada a la fabricación y desarrollo de materiales poliméricos para suelas de calzados, se basa en el análisis de unas muestras llamadas plaquetas. Estas plaquetas son una muestra del material que esa emplea para fabricar cada una de las diferentes tiradas de pelotas de caucho.

En la ilustración 39. se muestran las plaquetas empleadas para conocer las propiedades del material que se emplearán en la nueva tirada de fabricación de pelotas. Estas muestran las propiedades relativas a la dureza, abrasión y resistencia a la tracción. A pesar de que las pelotas funcionan a compresión, en el laboratorio de KAREY & SOLANO FOOTWEAR S.L. emplean la resistencia a tracción dado que conocen la relación entre las características de la pelota y su comportamiento.



Ilustración 17. Plaquetas de ensayo empleadas para comprobar las características del material base para fabricar las pelotas de caucho comprimido. (4)

Las propiedades de cada tirada van cambiando según la sensación de juego que producen las pelotas fabricadas. Cada vez que se fabrica una tirada de una nueva composición, se prueban las pelotas y los pelotaris que las han probado aportan su opinión en cuanto a la sensación de juego, indican que les ha parecido el bote, peso, sensación de golpeo. Esta información es transmitida al equipo de laboratorio y deciden qué cambios realizar en la composición del material para intentar solucionar los puntos negativos que hayan podido surgir.

De este modo, en secuencias de ensayo y error, se va ajustando la composición hasta dar con la pelota que más agrada al jugador.

Cada vez que realizan un cambio de composición en el material, se obtienen las plaquetas nombradas anteriormente y se realiza una prueba de dureza Shore A. Se mide el grado de abrasión y la densidad de la nueva composición.

Los datos obtenidos en estas mediciones corresponden al material sin tratar, es decir, el material es el que va a emplearse para fabricar la pelota, pero no ha pasado por los procesos de fabricación.

En el proceso de fabricación de la pelota, las características del material se ven alteradas en la etapa del endurecimiento superficial, vulcanizado. Cuando el caucho se comprime mediante dos moldes de forma semi-esférica, para obtener la forma esférica deseada, se aplican azufre y calor. Estos generan el endurecimiento superficial por reacción química. La reacción química actúa desde el exterior de la pelota avanzando hacia el interior. Esta reacción se produce hasta obtener la dureza superficial deseada, por lo que la dureza en el interior de la pelota se ve alterada en función del tiempo de la reacción.

Los fabricantes de las pelotas con marca de estrella, KAREY & SOLANO FOOTWEAR S.L. en colaboración con Jesús Urra, afirman que la dureza superficial de la pelota se ve reducida en 5 shore A cuando esta alcanza las condiciones de juego. Esta variación es la misma que se aporta en el endurecimiento superficial generado por el tratamiento térmico.

Las plaquetas que se analizan a temperatura ambiente (23Cº), reflejan las características de las pelotas tratadas en situación de juego. De modo que la dureza superficial de las pelotas, respecto de las plaquetas, es 5 shore A mayor.

El personal de laboratorio de KAREY & SOLANO FOOTWEAR, se apoya en la experiencia para modificar las características del material de cada tirada, sin necesidad de realizar un estudio técnico del comportamiento mecánico de las pelotas. De este modo, y acotando en cada tirada de fabricación las características del material en base a lo que la experiencia les indica, consiguen fabricar pelotas de caucho comprimido que cada vez gustan más a los deportistas que practican esta modalidad. (4)

4.5.3 ENSAYO DE BOTE A DIFERENTES TEMPERATURAS

Una vez realizado el ensayo orientativo a pie de campo en el frontón, jugando con las pelotas y realizando las mediciones citadas anteriormente, se decide realizar un ensayo en el taller de la universidad para comprobar el cambio en el bote de las pelotas respecto a la temperatura de estas.

Para realizar este ensayo se prepara en el laboratorio el experimento. Este experimento consiste en dejar caer las diferentes pelotas que se van a estudiar desde una altura de 6m. Mediante una cámara de grabación lenta, se medirá la altura a la que llegan las pelotas después de impactar contra el suelo. Para realizar la medición de la altura alcanzada, se realiza un reglaje de una pizarra donde se trazan líneas horizontales cada 50mm. La cámara se sitúa a una distancia de unos 2m respecto de la pizarra y a una altura en torno a 1.5m. La pelota se dejará caer desde los 6m indicados de manera que el bote se genere entre la pizarra y la

cámara. De este modo, se obtienen los datos de alturas alcanzadas en el bote, observando en las grabaciones realizadas a cámara lenta la altura que alcanzan las pelotas.



Ilustración 18. Zona de ensayo preparada para realizar la toma de datos del bote de las pelotas a ensayar

Material empleado para realizar el ensayo:

- Cámara de grabación lenta (SONY CÁMARA DE FOTOS PROFESIONAL BRIDGE DE 20.2MP CON GRABACIÓN A 4K Y CÁMARA LENTA 1000 FPS) (Ilustración 19.)
- Cámara de video (Cámara Video Sony Handycam Flash HDR-CX240EB) (Ilustración 20.)
- Termómetro láser (KETOTEK Pistola Termómetro Infrarrojos Laser Digital Termómetro Pistola FDA Infrared Thermometer -50 °C - 600 (-58-1112) (Ilustración 21.)
- Durómetro (Baxlo Shore A REF. 53505/A) (Ilustración 22.)
- Horno (Uhlig U5 Esmaltado Eléctrico U5 Protector Horno Esmalte Enamellers Vidrio) (Ilustración 23.)
- Cámara térmica (FLIR One Pro LT USB-C Cámara Térmica de Nivel Profesional para Smartphones) (Ilustración 24.) (Ilustración 25.)
- Pizarra
- Báscula (BALANZA DIGITAL / BÁSCULA DE PRECISIÓN LABORATORIO GRAM 1,2KG/0,02G (AH-1200V)) (ilustración 26.)

Cámara de grabación lenta:

Cámara empleada para grabar el bote que realiza la pelota y poder observar con suficiente precisión que altura alcanza la pelota.



Ilustración 19. Cámara de grabación lenta empleada en el ensayo

Cámara de video:

Cámara empleada para grabar el experimento en conjunto, observar cómo se realizan las mediciones y la caída libre de la pelota.



Ilustración 20. Cámara de video empleada para documentar el ensayo de caída libre

Termómetro láser:

Elemento de medición de temperatura empleado para medir las temperaturas a las que se van a testear las pelotas.



Ilustración 21. Termómetro láser empleado para medir la temperatura de las pelotas sometidas a ensayo

Durómetro:

Herramienta de medición de dureza superficial empleada para observar la dureza superficial de las pelotas en cada situación.



Ilustración 22. Durómetro empleado para medir la dureza superficial de las pelotas sometidas a ensayo

Horno:

El horno se emplea para calentar las pelotas hasta las temperaturas de ensayo deseadas.



Ilustración 23. Horno empleado para calentar las pelotas sometidas a ensayo

Cámara térmica:

Cámara empleada para visualizar la temperatura de las pelotas en cada uno de los ensayos. En las ilustraciones 23. y 24. se muestran las diferencias de temperatura captadas con la cámara térmica a la hora de emplear las pelotas al ensayo de caída libre.

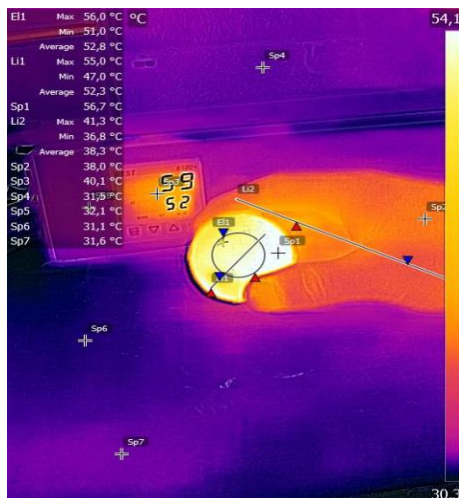


Ilustración 24. Fotografía realizada con la cámara térmica durante el ensayo de caída libre

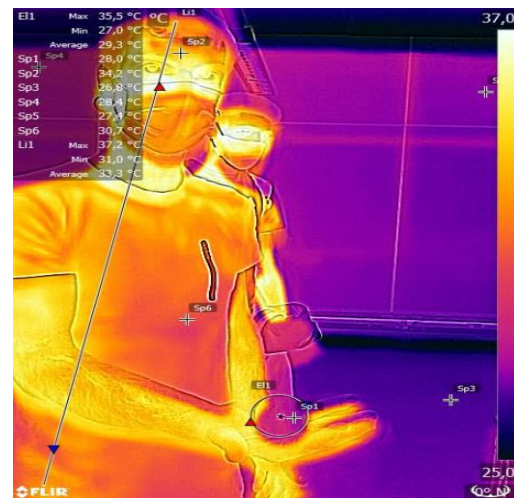


Ilustración 25. Fotografía realizada con la cámara térmica durante el ensayo de caída libre

Pizarra:

Fondo sobre el que se trazaran las líneas horizontales que indiquen la altura a la que ha llegado la pelota después de realizar el bote.

Báscula:

Herramienta de medición de peso empleada para obtener los datos de peso de cada pelota a testear.



Ilustración 26. Báscula empleada para pesar las pelotas sometidas a ensayo

4.5.3.1 METODOLOGÍA DE ENSAYO:

En primer lugar, se identifican las pelotas que se van a ensayar, se diferencian dos grupos de pelotas. Por una parte, tenemos las pelotas numeradas del 1-5. Estas pelotas solo se analizarán a temperatura ambiente. Son pelotas que no están en las condiciones de uso óptimas, o bien están demasiado usadas, o el estado del material no es el mismo que cuando se adquieren. Pese a esto, se puede observar el cambio de bote respecto al peso de cada una.

Por otra parte, tenemos tres pelotas en estado óptimo, nuevas. Estas se someterán a cambios de temperatura para ver como evoluciona el bote en cada uno de los casos. Las pelotas que forman este grupo son: pelota negra de estrella blanca, pelota negra de estrella amarilla y pelota negra de cuadrado verde.

El procedimiento a seguir en ambos casos es similar, se toman los datos de temperatura a la que se encuentran las pelotas, se miden sus valores de dureza superficial y se dejan caer desde los 6m indicados para que la cámara de grabación lenta grabe la toma.

Las pelotas numeradas del 1-5 se someten a una sola prueba de caída libre, exceptuando la número 1, que se realiza el ensayo a 23.4 y 30 °C.

A las pelotas que forman el segundo grupo, pelota negra de estrella blanca, pelota negra de estrella amarilla y pelota negra de cuadrado verde, se les somete a los mismos pasos que las

que forman el primer grupo. Se toma la temperatura, se mide la dureza superficial y se realiza la caída libre. Además, se vuelve a repetir el experimento tres veces más. Una a temperatura ambiente, otra a 30Cº, la tercera a 35Cº y la última a 50Cº. Para elevar la temperatura a los valores indicados, se emplea el horno.

Cada vez que se testean las pelotas del segundo grupo, hay que realizar el proceso entero, es decir, una vez grabado el bote a temperatura ambiente, se meten al horno para alcanzar la temperatura deseada. Cuando llegan a la temperatura del siguiente ensayo, se retiran del horno, se realiza una serie de mediciones de temperatura en la superficie para ver que se ha calentado de forma homogénea, se mide la dureza superficial y se deja caer desde los 6m para grabar el bote. Esto se repite para cada una de las pelotas, cada vez que se va a someter a ensayo.



Ilustración 27. Medición de la temperatura de las pelotas situadas dentro del horno durante el ensayo de caída libre

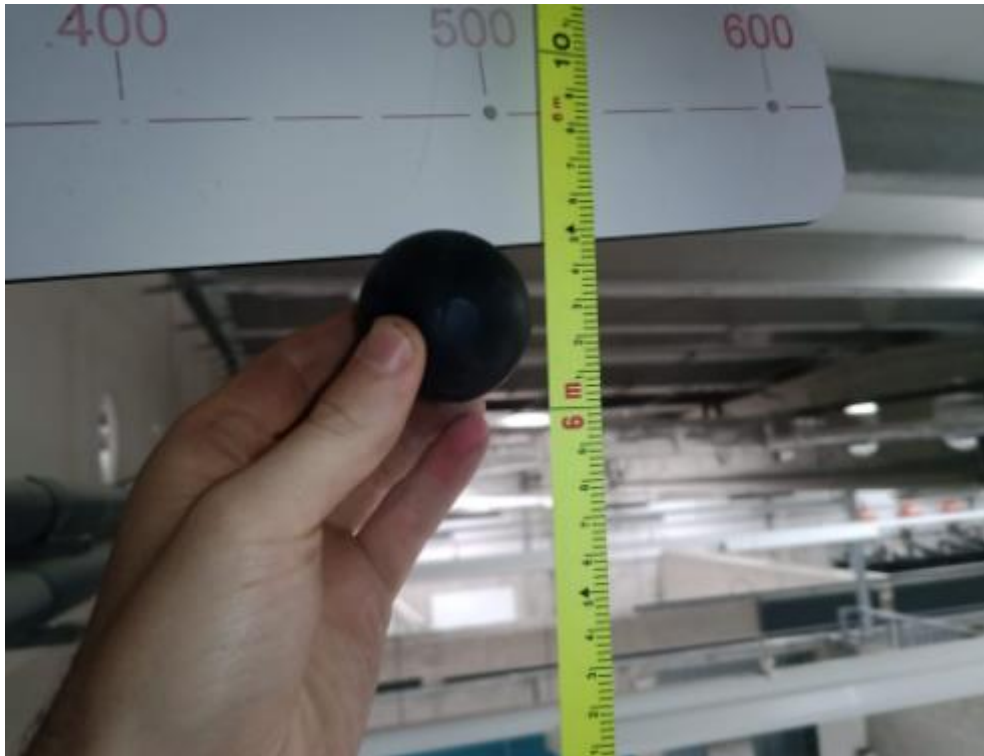


Ilustración 28. Representación de la altura desde la que se dejaban caer las pelotas durante el ensayo

Los resultados que se obtendrán después de realizar todo el ensayo, estarán formados por 8 mediciones a temperatura ambiente, 4 mediciones a 30Cº, 3 a 35Cº y 3 a 50Cº.

Los resultados obtenidos en el ensayo se muestran en la siguiente tabla:

Pelota	Dureza (shore A)	Peso (g)	Temperatura (°C)	Bote (mm)
1 (circulo verde)	65	63.8	23.4	1400
1 (circulo verde)	65	63.8	30	1625
2 (circulo verde)	75	62.09	23.4	1275
3 (cuadrado verde)	80	71.03	23.4	1550
4 (circulo azul)	80	62.26	23.4	2075
5 (sin marca)	70	54.56	23.4	2350
Estrella amarilla	80	65.988	25.2	1650
Estrella amarilla	80	65.988	30	1850
Estrella amarilla	80	65.988	35	1900
Estrella amarilla	75	65.988	50	2075
Estrella blanca	80	65.037	25.2	1600
Estrella blanca	80	65.037	30	1700
Estrella blanca	75	65.037	35	1760
Estrella blanca	75	65.037	50	2000
Cuadrado verde	80	73.629	25.2	1350
Cuadrado verde	80	73.629	30	1575
Cuadrado verde	80	73.629	35	1575
Cuadrado verde	75	73.629	50	1775

Tabla 7. Toma de datos del ensayo de caída libre

Como se muestra en la tabla, podemos confirmar que el bote está directamente relacionado con el aumento de temperatura. A mayor temperatura, mayor es el bote de la pelota.

Por otra parte, se puede deducir que la dureza superficial de las pelotas también baja cuanto mayor es la temperatura que alcanzan las pelotas.

4.5.3.2 RESULTADOS DEL ENSAYO DE BOTE A DIFERENTES TEMPERATURAS

Una vez realizado el ensayo y concluida la toma de datos, se realiza el análisis de los datos obtenidos.

- BOTE VS TEMPERATURA

En primer lugar, se analizan los datos de las pelotas consideradas estándares y en estado óptimo; estrella amarilla, estrella blanca y cuadrado verde.

La gráfica que se analizará a continuación representa el bote de cada uno de los tipos de pelotas mencionados, en función al cambio de temperatura al que se someten. Con estos primeros análisis se pretende comprobar la tendencia del aumento del bote de las pelotas en diferentes condiciones de temperatura.

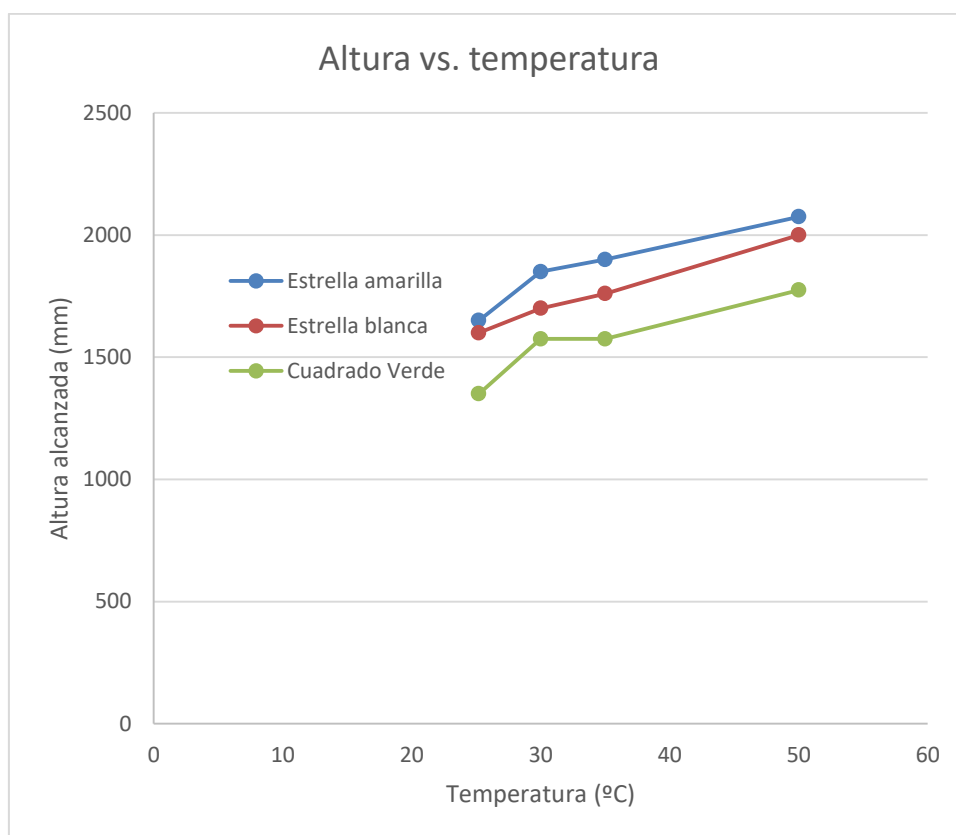


Ilustración 29. Representación del comportamiento de las pelotas en cuanto al bote, dependiendo de la temperatura de las pelotas

En la gráfica Altura vs. Temperatura, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de caída libre de las tres pelotas en estado óptimo.

Se puede observar que se mantiene la característica de diferencia de bote de cada tipo de pelota a diferentes temperaturas.

La tendencia a aumentar el bote según sube la temperatura se puede considerar lineal para los tres casos.

En el caso de la pelota con la marca del cuadrado verde, se puede observar que no sufre ningún tipo de cambio entre 30 y 40°C, esto puede ser debido a una mala medición.

Con los resultados aportados por la gráfica, se puede confirmar que las pelotas aumentan su capacidad de bote según se van calentando. Además, se puede confirmar que el aumento de este es lineal en franjas de temperatura de juego. Una temperatura superior a los 50°C, representa unas condiciones de juego extremas, en las que la temperatura ambiente sería superior a los 35°C. Este escenario no se debe estudiar dado que son condiciones en las que no se puede practicar el juego. Por encima de los 50°C, el comportamiento de la pelota no es conocido, pero al tratarse de una pelota de caucho, se puede suponer que el aumento excesivo de temperatura reblandecería el material, perdiendo energía en forma de deformación y reduciendo el bote.

El aumento del bote de las pelotas de goma siempre se ha relacionado con el transcurso del juego. Las pelotas en frío botan menos que en caliente. Esta última afirmación, se justifica confirmando que la pelota se calienta conforme se va golpeando con la pala. Parte de la energía proyectada por el impacto de la pala, se transforma en energía calorífica que absorbe la pelota. De este modo, y con los datos obtenidos en el ensayo de caída libre a diferentes temperaturas, se confirma que la pelota tiende a botar más con el aumento de temperatura de la misma.

Así pues, en condiciones ambientales más desfavorables, de menor temperatura, las pelotas tardarán más en alcanzar un mayor bote, o incluso no conseguirán alcanzar el bote que podrían tener en situaciones ambientales de mayor temperatura.

4.5.3.3 OTROS PARÁMETROS

Una vez estudiada la tendencia del bote respecto a la temperatura de pelotas semi-estandarizadas, el siguiente objetivo del análisis de datos es corroborar la poca homogeneidad de los materiales empleados para fabricar algunas de las pelotas de caucho comprimido.

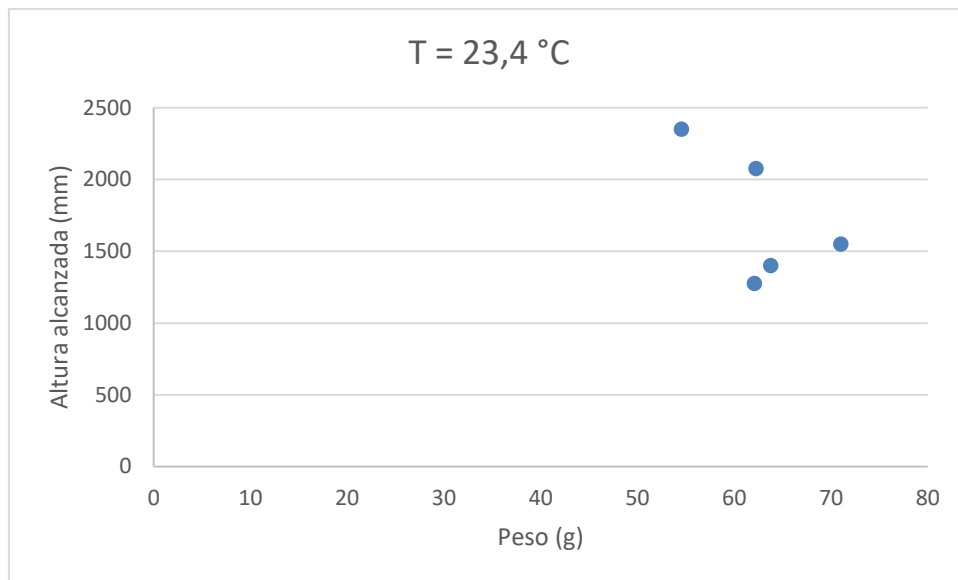


Ilustración 30. Representación del comportamiento del bote de las pelotas según su peso

La grafica nos muestra los datos tomados de la comparación del bote de 5 pelotas de caucho respecto a su peso. Como se menciona en este mismo trabajo, la clasificación de las pelotas de caucho hasta el momento, venían condicionadas por el peso, bote y dimensión de la pelota.

Con los resultados obtenidos con el ensayo, se puede confirmar que la clasificación es poco fiable o poco precisa.

Se observa claramente la gran diferencia de botes que existe para pelotas de peso similar. Las tres pelotas que generan una línea descendente, demuestran una tendencia a la disminución del bote en relación al aumento del peso de las pelotas. Las dos pelotas que botan menos que la más pesada en cambio, generan un punto de conflicto del que se pueden sacar dos conclusiones.

La primera conclusión a la que se ha llegado es que las pelotas tienen una tendencia clara a disminuir el bote en función del peso y que los datos que se salen de la línea han sido fallos de anotación o pelotas en mal estado o rotas.

La segunda conclusión a la que se puede llegar es que el peso solo en ocasiones condiciona la tendencia del bote y existen otros factores que afectan al bote de la pelota. Estos factores podrían deberse a la composición del material o a las características superficiales de la pelota.

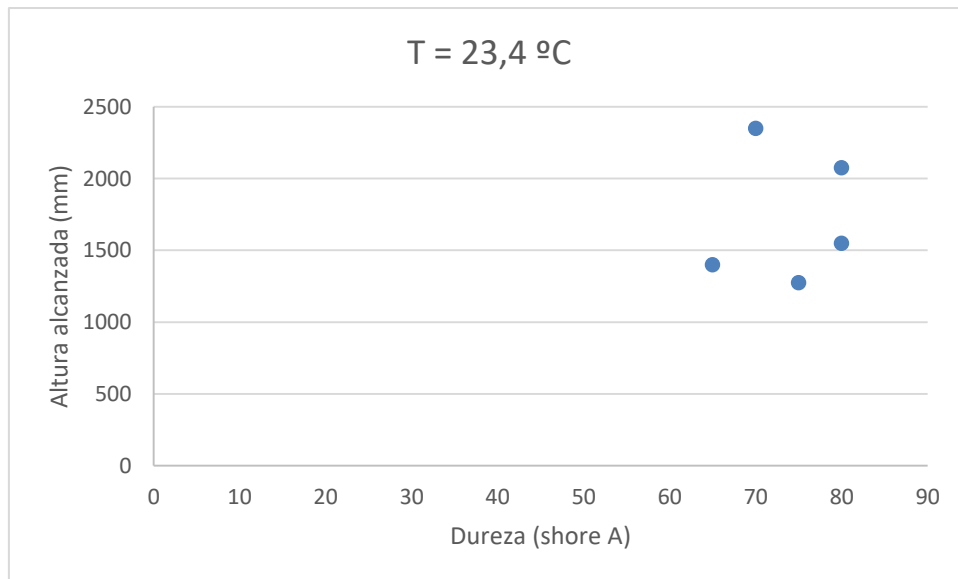


Ilustración 31. Representación del comportamiento del bote de las pelotas según su dureza superficial

En la gráfica se muestra la altura alcanzada por la pelota al someterse a caída libre, en condiciones de temperatura ambiente para pelotas con diferentes valores de dureza superficial.

Las conclusiones que se pueden sacar a priori de esta toma de datos, es que el bote de la pelota no depende de la dureza superficial de esta, o si lo hace, no es el único factor implicado.

No se observa ninguna tendencia que relacione las durezas superficiales de las pelotas con el bote de las mismas.

Con estas dos últimas gráficas y los datos obtenidos, se puede confirmar la ausencia de estándares en la fabricación de pelotas de caucho comprimido.

La importancia de controlar la composición de los materiales y tratamientos que se aplican a la hora de fabricar una pelota, condicionan las características de juego de esta. Si cada tirada de pelotas consta de una composición diferente, el comportamiento de las pelotas cambia considerablemente.

4.6 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PELOTA DE CAUCHO

COMPRIMIDO

A continuación, se describe el proceso de fabricación de la pelota de caucho comprimido empleada en la práctica del deporte en el que nos hemos centrado para realizar el trabajo.

Se va a estudiar un modelo de producción de las pelotas a partir de la suposición del método de fabricación generado gracias a la información facilitada en una entrevista realizada a un experto en el tema.

A diferencia del proceso de fabricación de la paleta de madera, en el caso de la pelota se va a describir el proceso en función a las etapas del ciclo de vida del producto que se quiere fabricar.

4.6.1 EXTRACCIÓN

La composición química de las pelotas de goma no es conocida, la única información que se tiene, es que, las pelotas de caucho comprimido están formadas por una mezcla de diferentes cauchos. Por este motivo se va a suponer que se realiza una mezcla de caucho orgánico y caucho sintético para fabricar la pelota. Por otra parte, se analizará la extracción de la materia prima necesaria para fabricar las cajas de cartón, proceso que no se ha descrito en el apartado de la fabricación de la paleta de madera, pero si se ha estudiado en el análisis de impactos.

También se hará mención a la extracción del azufre, componente que se emplea en el proceso de vulcanizado de las pelotas.

4.6.1.1 EXTRACCIÓN DEL CAUCHO NATURAL

El caucho natural es un hidrocarburo que se extrae del látex. Una vez se recoge el látex en forma de leche o resina, se somete a un proceso de limpieza para eliminar todo tipo de impurezas que pudiesen existir en el contenido. Después del proceso de lavado principal, se somete a consecutivas trituraciones y lavados hasta alcanzar un diámetro de 2mm a 4 mm. Una vez se alcanza el tamaño de grano deseado se somete a un proceso de secado.

De esta forma se obtiene el granulado de caucho natural que se empleará para la fabricación de la pelota en conjunto con el caucho sintético. (26) (27)

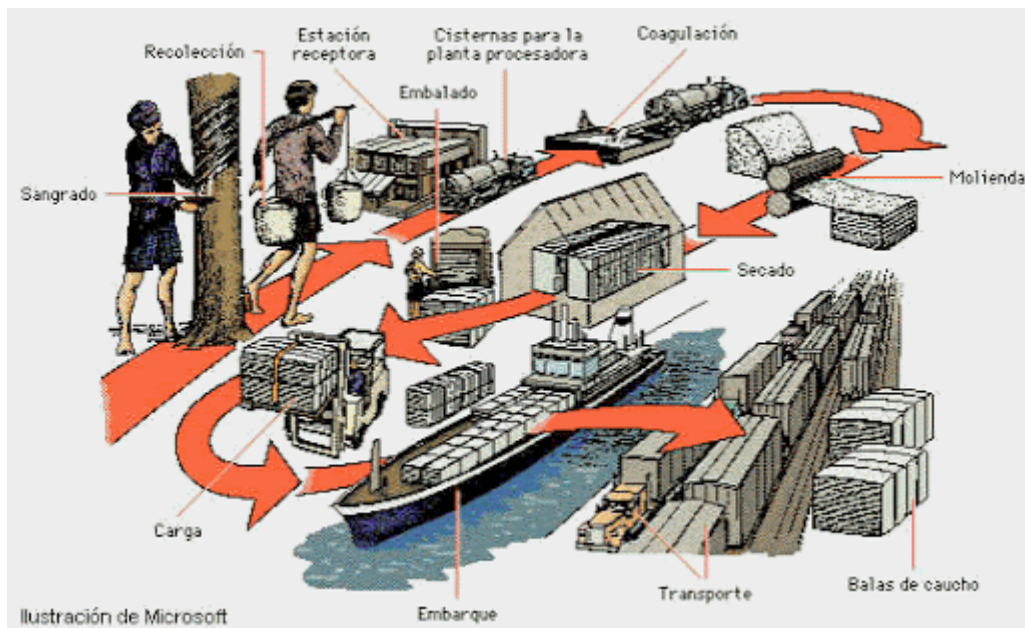


Ilustración 32. Proceso de extracción y tratamiento del caucho natural (28)

4.6.1.2 EXTRACCIÓN DEL CAUCHO SINTÉTICO

El caucho sintético se fabrica a partir de determinados hidrocarburos instaurados procedentes del petróleo. El proceso de fabricación del caucho sintético es más complejo que el del caucho natural.

A la hora de hacer el estudio del impacto que genera esta práctica, se tendrán en cuenta todos los factores que abarca la extracción del caucho como derivado del petróleo. (29)

4.6.1.3 EXTACCIÓN DEL CARTÓN

El cartón es un producto fabricado a base de superposición de hojas de papel. Para obtener el papel se deben realizar los siguientes pasos. (30)

- Tala de arboles
- Descortezado de los troncos
- Triturado y mezclado con agua y productos químicos
- Lavado y blanqueado de la pasta generada en el triturado y mezclado con agua
- Prensado de la pasta, secado y alisado mediante rodillos
- Recogida en rollos o bobinas

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de fabricación del cartón corrugado partiendo de láminas de papel.

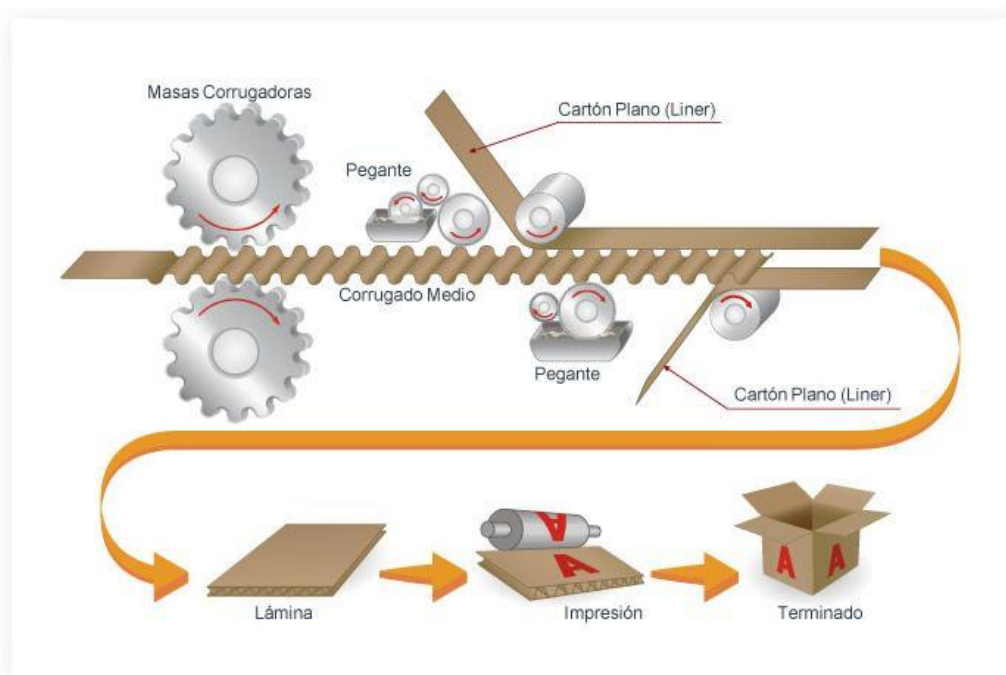


Ilustración 33. Proceso de conformado del cartón (1)

También se puede emplear papel reciclado, en el caso de las cajas de cartón para embalaje es lo más habitual.

4.6.1.4 EXTRACCIÓN DEL AZUFRE

El azufre se obtiene por el proceso de Frash, un método para extraer el elemento de las profundidades de la tierra, fundiendo el azufre contenido en los yacimientos subterráneos. También se puede obtener a partir de la separación del gas natural que contiene sulfuro de hidrógeno, a través del proceso de oxidación. Se extrae, además, a partir del petróleo, de la fundición de rocas que lo contienen y de la recolección manual en depósitos de azufre puro combinado con cenizas volcánicas. (31)

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de extracción de azufre denominado Frash.

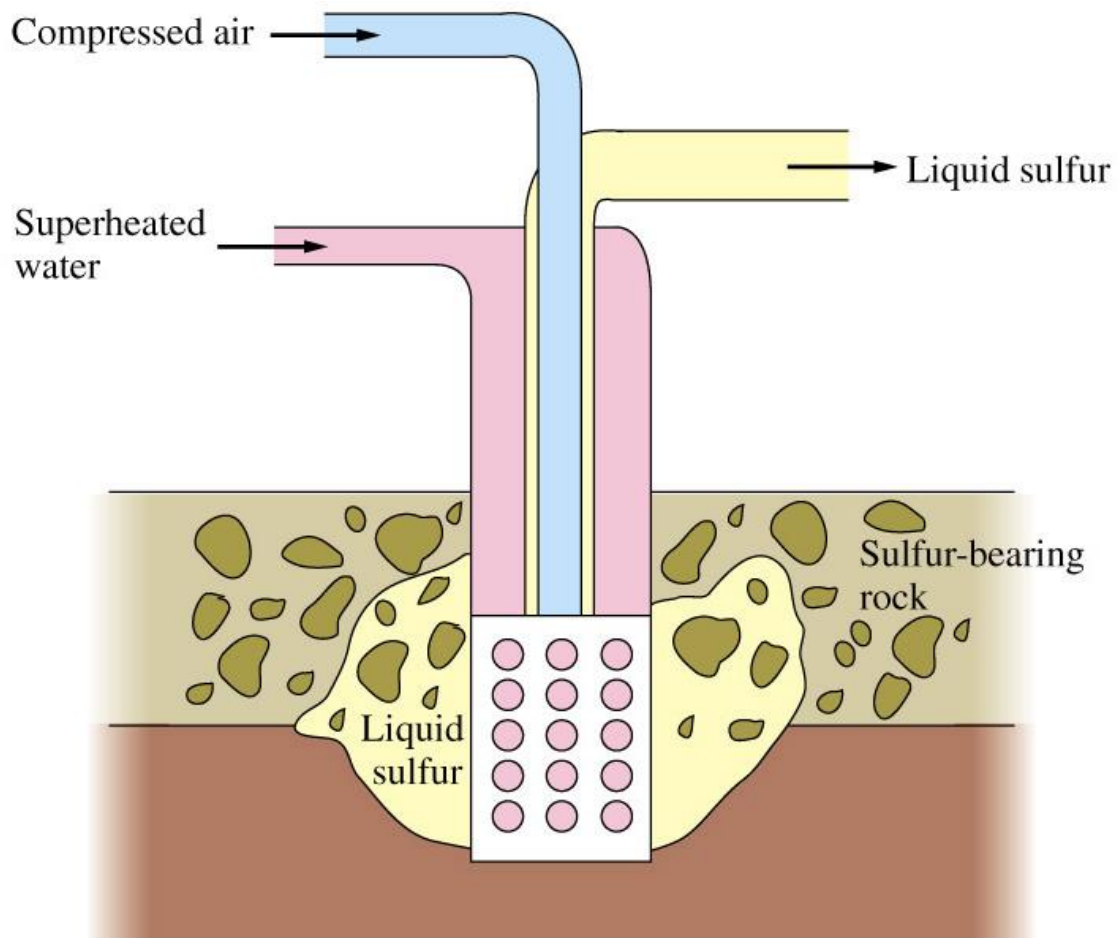


Ilustración 34. Proceso Frasch de extracción de azufre (29)

4.6.2 FABRICACIÓN

La etapa de fabricación recoge todos los procesos de conformado del material que se realizan a la materia prima desde su entrada en el proceso de fabricación hasta la generación del producto final. En esta etapa se encuentran las operaciones mecánicas y reacciones químicas que se le aplican al caucho desde que entra en forma de caucho granulado hasta que se obtiene la pelota de caucho comprimido.

Las operaciones que se llevan a cabo en la etapa de fabricación de la pelota de caucho comprimido son:

- Extrusión de la mezcla de cauchos
- Corte del prisma o cilindro extruido
- Prensado del caucho
- Impresión de la marca característica del tipo de pelota
- Montaje de la caja de cartón
- Embalaje

4.6.2.1 EXTRUSIÓN DE LA MEZCLA DE CAUCHOS

Para fabricar la pelota de goma o pelota de caucho comprimido, se parte de la materia prima extraída en la etapa de extracción. Esta se emplea para generar un prisma o cilindro de mezcla de cauchos. Para ello se emplea una extrusora.

Se introducen los diferentes tipos de caucho en la extrusora. Esta, mediante un tornillo sin-fin arrastra y comprime el caucho granulado generando una masa sólida que va generando una determinada forma.

Se obtiene un prisma rectangular o un cilíndrico de caucho semi-comprimido que pasa a la siguiente operación de la etapa de fabricación. (32)

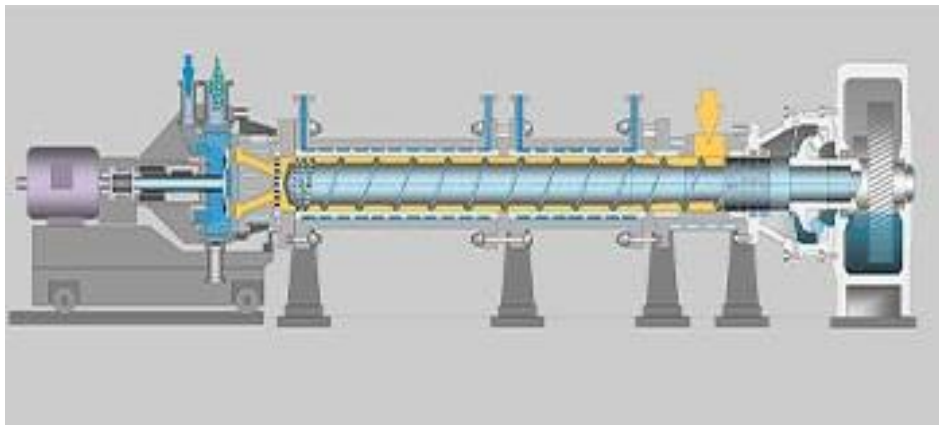


Ilustración 35. Extrusora de caucho (32)

4.6.2.2 CORTE DEL PRISMA O CILÍNDRICO EXTRUIDO

El prisma rectangular o cilíndrico obtenido de la operación de extrusión se corta en pequeños pedazos mediante una sierra. Las porciones obtenidas tienen las dimensiones necesarias para generar una pelota al comprimir el caucho. Para realizar esta operación se emplea una sierra de cinta.



Ilustración 36. Sierra de cinta (33)

4.6.2.3 PRENSADO DEL CAUCHO

El prensado de los tochos obtenidos en la operación de corte, se comprimen mediante una prensa con dos matrices semiesféricas. Estas matrices eliminan el excedente de material que contienen los tochos de caucho cortado.

Una vez se comprimen los tochos de caucho y se retira el material excedente, se mantiene el caucho bajo presión. Se le aporta azufre y temperatura durante un periodo de tiempo determinado para generar el proceso químico de vulcanización que aportará dureza a la superficie de la pelota.

Este proceso de vulcanización tiene como objetivo endurecer la superficie de la pelota hasta alcanzar una dureza en torno a los 90 Shore A. conforme se va endureciendo la superficie, la reacción avanza hacia el núcleo de la pelota. Cuando se alcanza el valor de dureza deseado en la superficie de la pelota, la reacción genera una transición de dureza de la superficie al núcleo de la pelota que pasa de 90 a 85 Shore A. (28) (4)



Ilustración 37. prensa térmica de múltiples matrices (34)

4.6.2.4 IMPRESIÓN DE LA MARCA CARACTERÍSTICA DE LA PELOTA

Cada tipo de pelota que se fabrica, consta de sus porcentajes de mezcla de caucho, aporte de elementos químicos y tratamientos concretos. Una vez se genera la pelota que se desea, se debe identificar con una marca característica que facilita al consumidor información acerca de las características de juego de la pelota. Estas marcas pueden ser; cuadrados, círculos o estrellas de diferentes colores.

Para realizar la impresión de esta marca característica se debe utilizar una impresora específica para impresión en superficies tridimensionales.

4.6.2.5 MONTAJE DE LA CAJA DE CARTÓN

Las cajas de cartón se emplean para embalar y transportar las pelotas fabricadas. Estas se montan a partir del cartón ya conformado que permite el montaje de las cajas empleando para ello una máquina de montaje de cajas de cartón.

4.6.2.6 EMBALAJE

Esta operación consiste en introducir de forma manual las pelotas fabricadas en la caja de cartón. Una vez se introducen las pelotas en la caja, esta se precinta y se prepara para transportarla al punto de venta.

4.6.3 TRANSPORTE

La etapa de transporte abarca todas las operaciones de movimiento de productos o materiales comprendidos en el ciclo de vida del producto.

En el caso de las pelotas de caucho comprimido, se ha considerado el transporte del producto final embalado, de la línea de fabricación al punto de venta del producto. Para ello se considera que el transporte se realiza mediante un camión determinado.

4.6.4 USO

La etapa del ciclo de vida de la pelota correspondiente al uso, es el tiempo durante el cual se usa el producto generado. En el caso de la pelota de caucho comprimido, esta etapa es de larga duración, y no genera ningún tipo de impacto, se considera la etapa de uso, el tiempo en el cual se practica el deporte con las pelotas hasta que estas dejan de ser útiles para su cometido.

4.6.5 FIN DE VIDA

Esta última etapa, analiza el final del ciclo de vida de la pelota. Una vez las pelotas son inservibles, se debe considerar que se va a hacer con este producto.

Se considera un producto muy específico como para reciclar el material, el deterioro del material hace que sea muy complicado emplear el caucho de las pelotas como materia prima para otro proceso.

Teniendo en cuenta esto último, se han considerado dos posibles procesos en la etapa de fin de vida del producto.

Por una parte, se ha considerado la posibilidad de incinerar las pelotas inservibles. Esto genera ciertos tipos de impactos medioambientales que se estudiarán más adelante.

La otra opción, es llevar las pelotas usadas a un vertedero. Esta opción también genera impacto.

Con el estudio del impacto del ciclo de vida de este proceso se podrá adoptar una medida en función a los impactos que genere cada una de ellas.

DIAGRAMA DE FLUJO

A continuación, se muestra el diagrama de flujo generado a partir de las suposiciones e indicaciones aportadas por la entrevista realizada al experto en el tema.

En el diagrama de flujo se representan cada una de las fases descritas anteriormente y se nombran todas las etapas y operaciones situadas en el orden cronológico en el que se realiza el proceso.

El estudio se ha realizado suponiendo la actividad industrial en la zona norte de Navarra, a fecha actual. Los parámetros relacionados a consumos y extracción de materiales se han extraído de la base de datos de GaBi asociados a la comunidad europea.

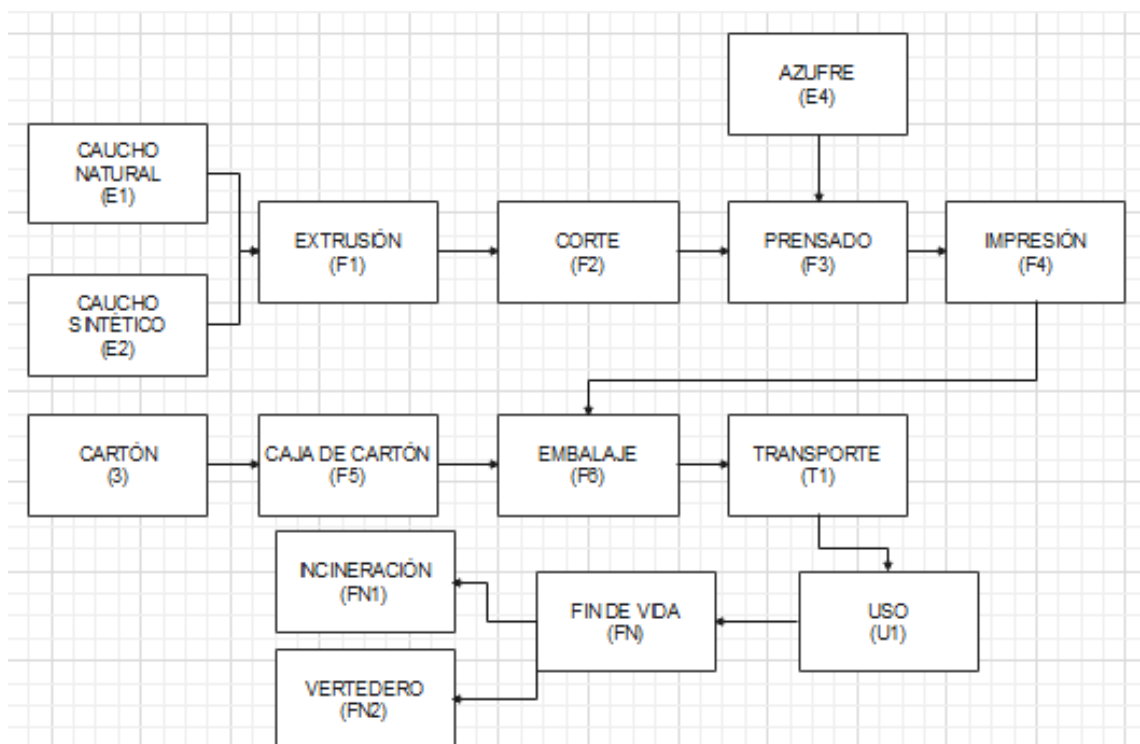


Ilustración 38. Diagrama de flujos del proceso de fabricación de la pelota de caucho comprimido

E: extracción; F: proceso de fabricación; T: transporte; U: uso; FN: fin de vida

4.7 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PALETA DE MADERA

El proceso de fabricación que se va a describir a continuación se basa en la generación de un modelo de línea de producción semi-automatizada, generada a partir de suposiciones que han permitido deducir como se fabrica la paleta de goma de madera.

Se van a diferenciar dos tipos de procesos, el proceso externo y el proceso interno. El proceso externo es el que nos va a permitir extraer la materia prima con la que conformaremos la paleta de madera. El proceso interno en cambio, definirá como generar la paleta a partir de la materia prima extraída en el proceso externo. Se denominan proceso externo e interno por pertenecer uno a una actividad externa a la línea de producción simulada y otro a la actividad interna.

4.7.1 PROCESO EXTERNO

En primer lugar, se analizará la obtención del material que se empleará más adelante en el proceso interno. Este material va a ser la madera de haya.

- Extracción de la madera

Primeramente, se debe obtener la madera de haya, para ello se realiza la extracción de la materia prima mediante deforestación. En este proceso se emplea maquinaria pesada especializada en este tipo de trabajo como: bulldozer, multitaladoras, cabestrantes de arrastre y remolques. Una vez talados los árboles, estos se llevan en camión al aserradero.



Ilustración 39. Maquinaria empleada en la deforestación de bosques (16)

- Conformado de las láminas de madera

Cuando los troncos de madera llegan al aserradero, se extraen las diferentes láminas o piezas que se emplean para diferentes procesos. De estas láminas, las empleadas para fabricar las paletas de goma, se extraen de la parte superior del tronco, la más cercana a la copa del árbol.

Las láminas de madera que se emplearán en el proceso de fabricación de la pala, supondremos que tendrán las siguientes medidas: 285x520x20.

El proceso de conformado de los diferentes tipos de láminas o piezas que se realizan en el aserradero, dependen del uso que se le valla a dar a cada parte. También depende del tipo de tronco y de cada parte del tronco del que se extraiga. Para ello se emplea diferentes tipos de máquinas como, sierras de cinta horizontal, fresadora de tablero, sierra de banda.



Ilustración 40. Línea de conformado de madera de un aserradero (17)

- Transporte de la materia prima

Una vez conformado el tocho de madera que emplearemos en el proceso interno, es decir, las láminas de madera de haya de las medidas especificadas en el punto anterior y de la zona del tronco de menor densidad, estas se tendrán que transportar a la fábrica o taller en el que se realizara el proceso de fabricación de la paleta cuero.

El transporte depende de donde se sitúe el aserradero y la planta. Cuanto más cerca se encuentre la una de la otra, menores serán los costos y complejidades del transporte del material.

El mejor modo de transporte de mercancías para trayectos cortos (suponemos que el aserradero y la planta de fabricación se sitúan cerca la una de la otra) es el transporte en camión. De esta forma, se pueden transportar grandes cantidades en un solo viaje.

4.7.2 PROCESO INTERNO

El proceso interno abarca todas las operaciones que se realizarán dentro de la planta, tanto como para la fabricación de la pala, el embalaje del producto final y los procesos que se podrán llevar a cabo una vez terminado el ciclo de vida del producto. Todo esto se reflejará más adelante en un diagrama de flujos, en el que nos apoyaremos a la hora de realizar el estudio de impacto medioambiental de la paleta goma.

Se diferenciarán tres fases diferentes:

- Conformado de la paleta goma
- Embalaje
- Fin de vida

4.7.2.1 CONFORMADO DE LA PELOTA DE CAUCHO COMPRIMIDO

El conformado de la paleta de goma comienza con el tocho de madera que obtenemos del aserradero. Este proceso consta de varias operaciones que se realizarán consecutivamente para llegar a obtener el producto final.

- Corte de contorno

La primera operación es la de corte de contorno, esta operación consiste en generar una forma basta pero semejante a la pala. Se obtendrán dos piezas de cada lámina de madera empleada. Se marcará mediante plantilla las siluetas de las palas y se realizará el corte mediante una sierra mecánica.



Ilustración 41. Sierra mecánica de carpintería (18)

En este proceso hay que tener en cuenta la dirección de las vetas de las láminas de madera. Para proporcionar una mayor resistencia a la pala, las vetas deben situarse de forma vertical, es decir, de la base del mango a la punta de la zona de golpeo. Las vetas tienen que estar dispuestas perpendicularmente a la base del mango. Esto proporciona mayor rigidez y resistencia al impacto.

Una mala distribución de la dirección de las betas, podría generar puntos débiles en la pala, provocando rotura de la misma y vibraciones perjudiciales.

La parte del tronco empleada para hacer la pala, es la que contiene las vetas más pequeñas y estrechas, esto quiere decir que la madera es más frágil y menos densa. Esto podría generar inconvenientes a la hora de golpear la pelota con las partes externas de la zona de golpeo, para solucionar o reforzar estas zonas, se emplean unos refuerzos que atraviesan la pala de

forma transversal en la zona de golpeo. Estos refuerzos son del mismo material y al colocarlos a “contra-beta” aportan mayor resistencia a la pala en la zona de golpeo. (4)

El mecanizado de los refuerzos pertenece a otra etapa del proceso, pero el material empleado para mecanizar estos refuerzos, se obtendrá del sobrante del corte de contorno, aprovechando de esta forma la mayor cantidad de material posible.

Una vez realizado el corte de contorno, se podrá continuar con el proceso, por una parte, se seguirá trabajando con la pieza extraída de la lámina inicial, por otra parte, se trabajará con el sobrante de esta primera operación, extrayendo de este material los soportes.

- Mecanizado de refuerzos

El mecanizado de refuerzos es la operación en la que se emplea el excedente de material de la primera operación. El objetivo de los refuerzos es aportar mayor resistencia a los impactos en la zona de golpeo.

Los refuerzos son varillas de madera de haya que atraviesan transversalmente la zona de golpeo, tienen un diámetro aproximado de 8mm y la longitud depende de la zona en la que se sitúen. Atraviesan la zona de golpeo por la mitad del espesor de la pala.

El mecanizado de los refuerzos se realiza empleando un torno de carpintería. Se introducen en el torno los tochos sobrantes de la fase de corte de contorno (previo mecanizado para facilitar el torneado), se mecanizan todos con el diámetro especificado en el párrafo anterior y con una longitud superior a lo ancho de la pala. El excedente en cuanto a longitud se corta una vez encolados los refuerzos a la pala.



Ilustración 42. Torno de carpintería (19)

Una vez mecanizados los refuerzos, se les realiza unas cavidades a lo largo de la superficie, con el objetivo de dejar espacio para la aplicación de la cola de contacto.

Los refuerzos se añaden a la pala en una fase posterior, una vez se realicen los agujeros en los que irán encolados.

- Agujeros para los refuerzos

En esta tercera operación se generan los agujeros que contendrán los refuerzos mencionados en la segunda operación. Estos agujeros se mecanizan en la zona de golpeo, atravesando esta de un lado a otro en el punto medio del espesor de la pala. Existen palas que carecen de refuerzos, otras constan de tres refuerzos e incluso pueden llevar hasta seis refuerzos. En este caso se simulará la fabricación de una pala con seis refuerzos.

Los agujeros de los refuerzos se realizarán mediante un taladro de banco. Se realizarán tres agujeros por encima del punto de golpeo (área central de la zona del golpeo) y tres por debajo. La distancia será la misma entre agujeros, 32.5mm aproximadamente entre agujeros, quedando el más cercano a la punta de la pala a 30mm.

- Agujeros reducción resistencia

Con esta operación se realizarán los taladrados de los agujeros que permitirán reducir la resistencia que genera la masa de aire al mover la pala para golpear la pelota. Se trata de una serie de agujeros taladrados alrededor del punto de impacto de la pala. Se distribuyen de diferentes formas, pero en este caso se realizará un cuadrado de tres agujeros por lado y cuatro agujeros en el exterior del cuadrado formado, situados en la misma línea que los taladros centrales de las caras.

Los agujeros se mecanizarán mediante un taladro de banco, con un diámetro de 8/9mm. No será necesario el rebarbado de los taladros realizados. Las imperfecciones que se puedan generar a la hora de realizarlos se corregirán en fases posteriores.



Ilustración 43. Taladro de bancada horizontal (20)

- Montaje y encolado

Una vez se hayan realizado tanto el conformado de la forma basta de la pala (forma completa pero no acabada), como el mecanizado de los refuerzos, el siguiente paso consiste en unir o montar el conjunto que formaran ambas partes.

Para realizar la unión de los refuerzos a la pala, se empleará cola de contacto especial para carpintería. Esta se aplicará en las cavidades o marcas generadas es los refuerzos antes de insertarlas en los agujeros mecanizados para contenerlos.

- Corte partes sobrantes refuerzos

Después de encolar los refuerzos a la pala y pasado el tiempo de secado, se tendrá que retirar el excedente de soportes que asomara por ambas partes de la pala. Para realizar esta operación se empleará una caladora o una sierra de banco. El acabado de esta operación no tendrá por qué ser el deseado al final del proceso general.



Ilustración 44. Caladora eléctrica manual (21)

- Cepillado de caras

Una vez tengamos la pala con los refuerzos encolados y el excedente de estos retirados, se cepillarán las dos caras de la pala. Mediante este cepillado se alcanzará el espesor deseado, 18mm y se eliminan las posibles imperfecciones superficiales que se puedan generar en los procesos anteriores como; ralladuras, astillas de los taladros y salpicaduras de cola de contacto.

Para realizar el cepillado de las caras, se emplea una acepilladora automática.



Ilustración 45. Acepilladora automática (22)

- Redondeo de aristas

Después de cepillar las dos caras de la paleta, se eliminarán las imperfecciones que se hayan podido generar en las aristas o contorno de la paleta. Este proceso se realizará de forma manual, empleando un cepillo eléctrico manual.



Ilustración 46. Cepillo eléctrico manual (23)

Es una fase que tendrá mucha importancia en el resultado final de la pala. De esta fase dependerá la comodidad del agarre de la pala a la hora de emplearla. Por otra parte, es una operación que permite realizar el ajuste del peso final de la pala. Teniendo en cuenta el peso en el que se encuentre la pala en el momento de realizar el redondeo o acabado del contorno, se podrá retirar más o menos material, dependiendo del peso al que se quiera llegar.

- Marcaje

Esta será la fase final de fabricación de la pala. El marcaje de la pala consistirá en imprimir en ella la marca o logotipo que diferencie el producto de otros. Es un proceso que se puede realizar de diferentes formas y en el que se pueden emplear diferentes técnicas. Por lo general, el marcaje de piezas de madera se realiza por imprimación con tinta. En este caso en cambio, se considerará que se realiza un marcaje mediante impresión por láser, empleando para ello una marcadora láser adecuada al trabajo requerido.

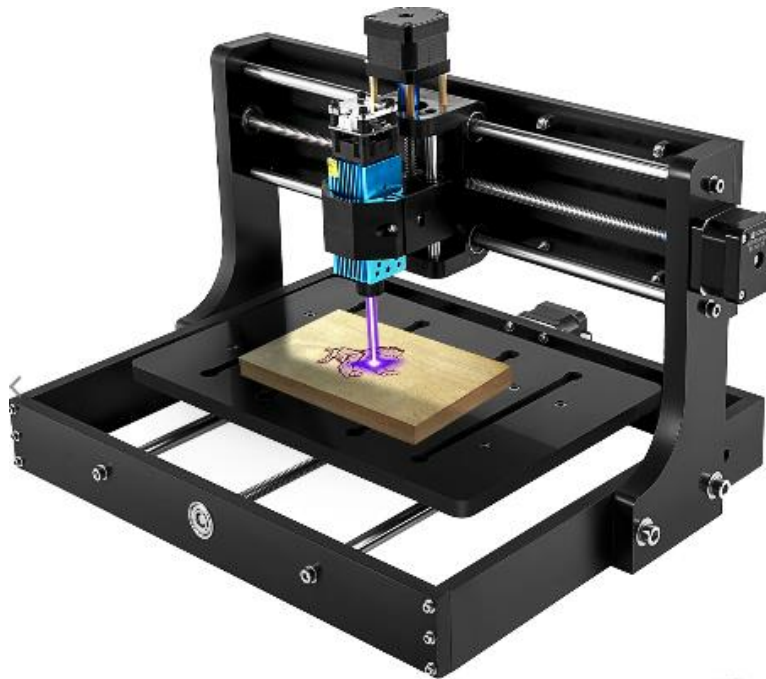


Ilustración 47. Marcadora láser (24)

4.7.2.2 EMBALAJE

El embalaje es la fase en la que se dispondrá el producto final en lotes de un número específico de unidades para su transporte a los puntos de venta. Para ello se dispondrá de una máquina de embalaje que montará las cajas de cartón. Una vez estén estas montadas, las paletas se introducirán de forma manual y se procederá a su sellado.



Ilustración 48. Montadora automática de cajas de cartón (25)

4.7.2.3 FIN DE VIDA

Una vez el producto se encuentre embalado, se transportará a los puntos de venta correspondientes para que puedan ser comprados y usados.

La fase fin de vida es la etapa posterior al uso de la paleta. Como las paletas no se pueden reutilizar y la madera no tiene la calidad y las condiciones iniciales de la madera de haya, se proponen diferentes alternativas.

La habitual y más corriente, sería desecharla, llevarla a un vertedero.

Por otra parte, se podría considerar la incineración. Con esta opción, se estaría empleando el material de la paleta para generar energía mediante la quema del producto.

Estas opciones se considerarán y estudiarán los efectos de cada una en el estudio del impacto medioambiental del ciclo de vida de la paleta de madera de haya.

- Diagrama de flujo

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso interno de la generación de la pala, en el cual nos apoyaremos a la hora de hacer el estudio de impacto del proceso.

El estudio se ha realizado suponiendo la actividad industrial en la zona norte de Navarra, a fecha actual. Los parámetros relacionados a consumos y extracción de materiales se han extraído de la base de datos de GaBi asociados a la comunidad europea.

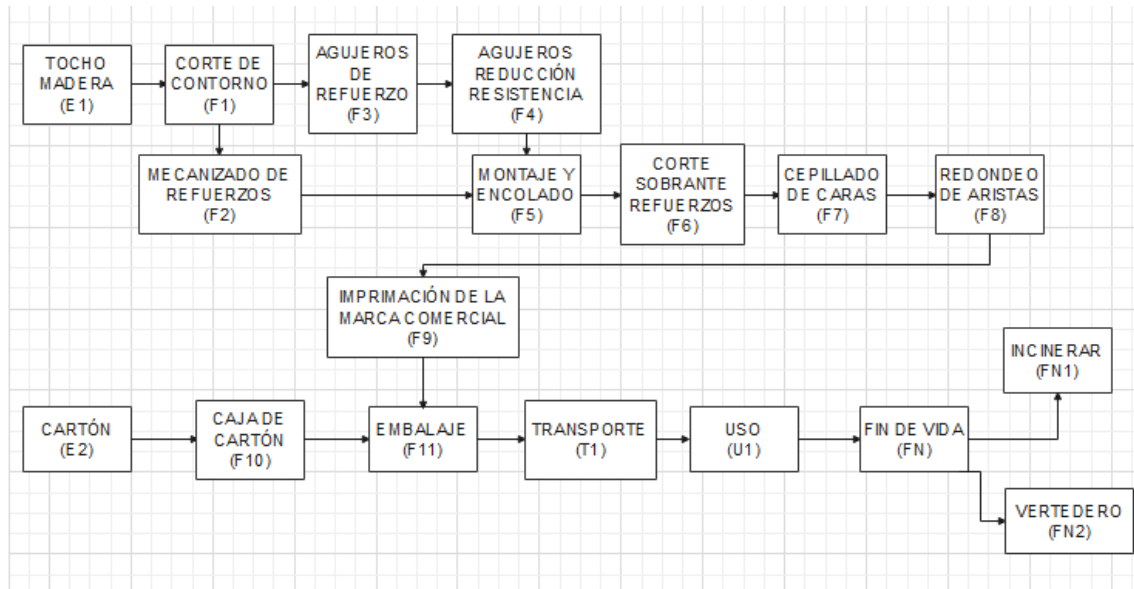


Ilustración 49. Diagrama de flujos del proceso de fabricación de la paleta de madera de haya

E: extracción; F: proceso de fabricación; T: transporte; U: uso; FN: fin de vida

En el diagrama se muestran las diferentes fases del proceso descritas en el apartado anterior. También se puede observar el orden de las operaciones y los puntos en los que se unen unas operaciones con otras.

4.8 ESTUDIO DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Para estudiar el impacto medioambiental que podrían llegar a generar los procesos de fabricación simulados para la pala de madera de haya y la pelota de caucho comprimido, se va emplear el programa informático GaBi.

La herramienta informática GaBi, se emplea para realizar el ACV (análisis del ciclo de vida) y contiene todos los elementos necesarios para modelar un sistema o producto. Permite construir modelos para cualquier producto, realizar balances de entrada y salida, cuantifica las emisiones, materiales y energía de los procesos modelados. Posibilita simular escenarios de fin de vida de un producto. (35)

En el caso de la pala de madera de haya y la pelota de caucho comprimido, para el modelaje de los procesos, se emplearán los diagramas de flujo mostrados a lo largo del trabajo.

Una vez introducidos todos los parámetros y datos de interés de los diagramas de flujos, obtenemos los balances de las emisiones de los indicadores de mayor interés.

Los indicadores que se emplean para estudiar el impacto del ciclo de vida de la pala y la pelota son:

- Climate change midpoint, inc biogenic carbon (v1.09)
- Ozone depletion midpoint (v1.09)
- Particulate matter/Respiratory inorganics midpoint (v1.09)
- Ionizing radiation midpoint, human health (v1.09)
- Photochemical ozone formation midpoint, human health (v1.09)
- Acidification midpoint (v1.09)
- Eutrophication terrestrial midpoint (v1.09)
- Eutrophication marine midpoint (v1.09)
- Resource depletion, mineral, fossils and renewables, midpoint (v1.09)
- Ecotoxicity freshwater midpoint (v1.09)
- Human toxicity midpoint, cancer effects (v1.09)
- Human toxicity midpoint, non-cancer effects (v1.09)
- Land use midpoint (v1.09)
- Resource depletion water, midpoint (v1.09)

Estos 14 indicadores pertenecen al impacts ILCD/PEF recommendation V1.09, documento que recoge toda la información acerca de la cuantificación de impactos medioambientales.

En dicho documento aparece una tabla que contiene los nombres de conjuntos de datos del método LCIA, nivel de recomendación de cada uno de los indicadores, las cantidades de referencia o flujo de propiedades de los indicadores de impacto y grupos de unidades asociados para recomendaciones y previsiones CF en el conjunto de datos ILCD.

Se escogen los 14 indicadores medioambientales con el mayor nivel de recomendación y se realiza el análisis. (36)

4.8.1 ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

Se extraen del programa los datos asociados a los indicadores citados, y mediante Excel, se realizan las gráficas de las etapas del proceso, las cuales nos indicarán que etapas son las más perjudiciales y para que indicador.

4.8.1.1 CICLO DE VIDA PALA DE MADERA DE HAYA

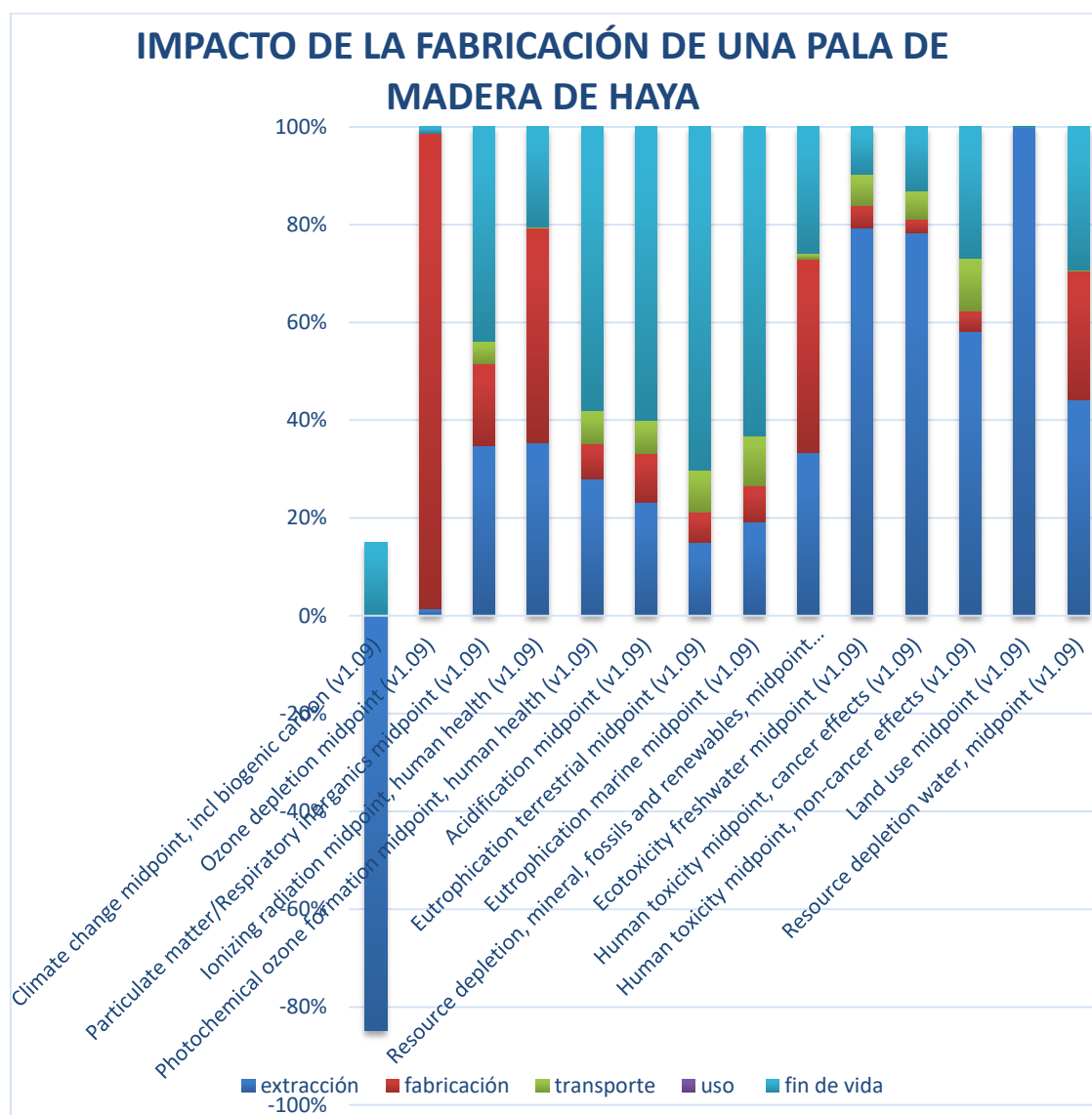


Ilustración 50. Gráfica de representación de los impactos ambientales según los indicadores estudiados

En la gráfica denominada impacto de la fabricación de una pala de madera de haya, se muestran los porcentajes relativos a los 5 procesos del ciclo de vida de acuerdo a cada uno de los indicadores analizados.

Se puede observar la ausencia de porcentajes en todos los indicadores de la etapa de uso. Esto se debe a que no se genera ningún tipo de flujo en dicha etapa. Cuando se emplea la pala para jugar, esta no requiere de ningún tipo de aporte energético, y su uso, no produce ningún tipo de residuo. Estas últimas razones justifican la ausencia de impactos en la etapa de uso.

Por otra parte, es llamativo el valor negativo de la etapa de extracción en el indicador de cambio climático. Esto se debe a la relación de emisión de CO2 en el proceso de talado y extracción y a la cantidad de CO2 absorbida por la madera en su vida. El balance es negativo, dado que la madera absorbe más CO2 del que emite su extracción.

Se puede ver que la etapa de fabricación solamente tiene peso considerable en el indicador de ozono depletion, esto se debe a que todas las emisiones generadas en la etapa de fabricación están relacionadas al consumo de energía eléctrica, y las emisiones son el producto de generar esta energía.

En el caso de la etapa de fin de vida, los resultados que se reflejan corresponden a la quema de la pala en la incineradora.

Cabe destacar, que los datos obtenidos de este análisis cuentan con un porcentaje de energía eléctrica reciclada. Esta energía se obtiene de la incineración de la pala y de la caja al final del ciclo de vida de estas. La energía aportada por la incineración se redirige a la fuente que se emplea para alimentar los procesos de fabricación y por ese motivo, el impacto de la etapa de fabricación se ve reducido, pero se refleja el impacto de la incineración en los diferentes indicadores.

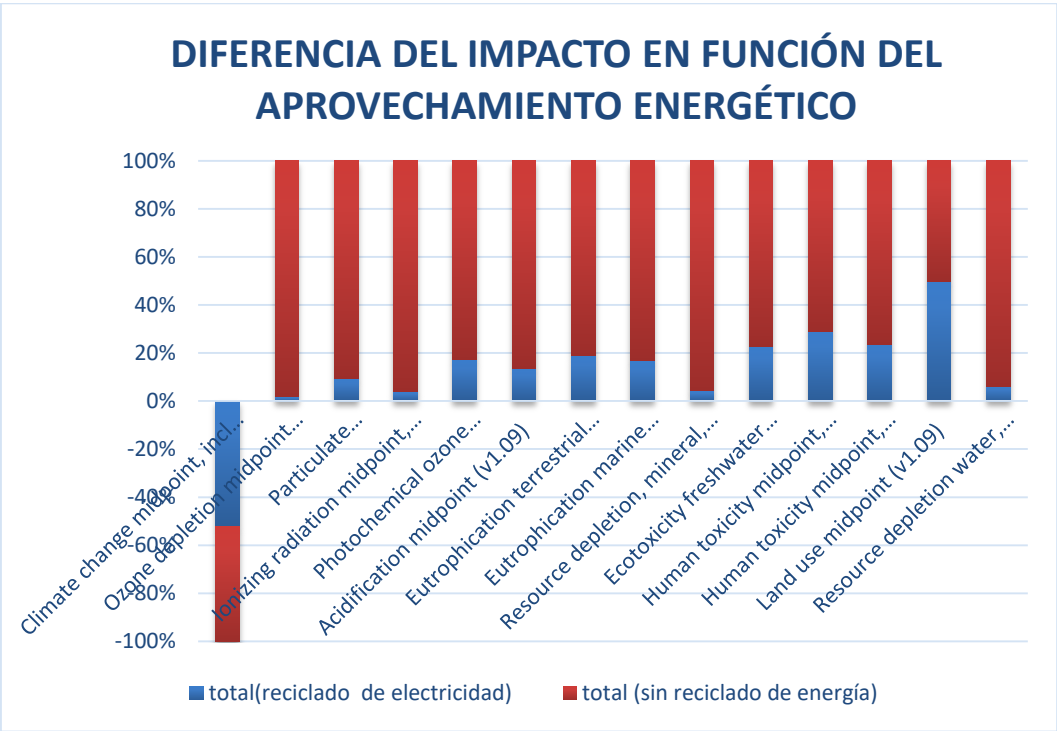


Ilustración 51. Grafica representación del impacto generado por el reciclado o no de la energía obtenida en el proceso de fin de vida de la pala de madera de haya

En la gráfica de diferencia del impacto en función del aprovechamiento energético, se muestran los porcentajes de emisiones que se tendrían que sumar a la gráfica anterior, en el caso de que no se reciclase la energía eléctrica de la incineración.

Es de destacar la diferencia de emisiones que refleja la gráfica respecto al proceso que no considera el reciclado o recirculado de energía generada en el ciclo de fin de vida. Por lo que sería conveniente valorar la opción de reciclado energético siempre que sea posible.

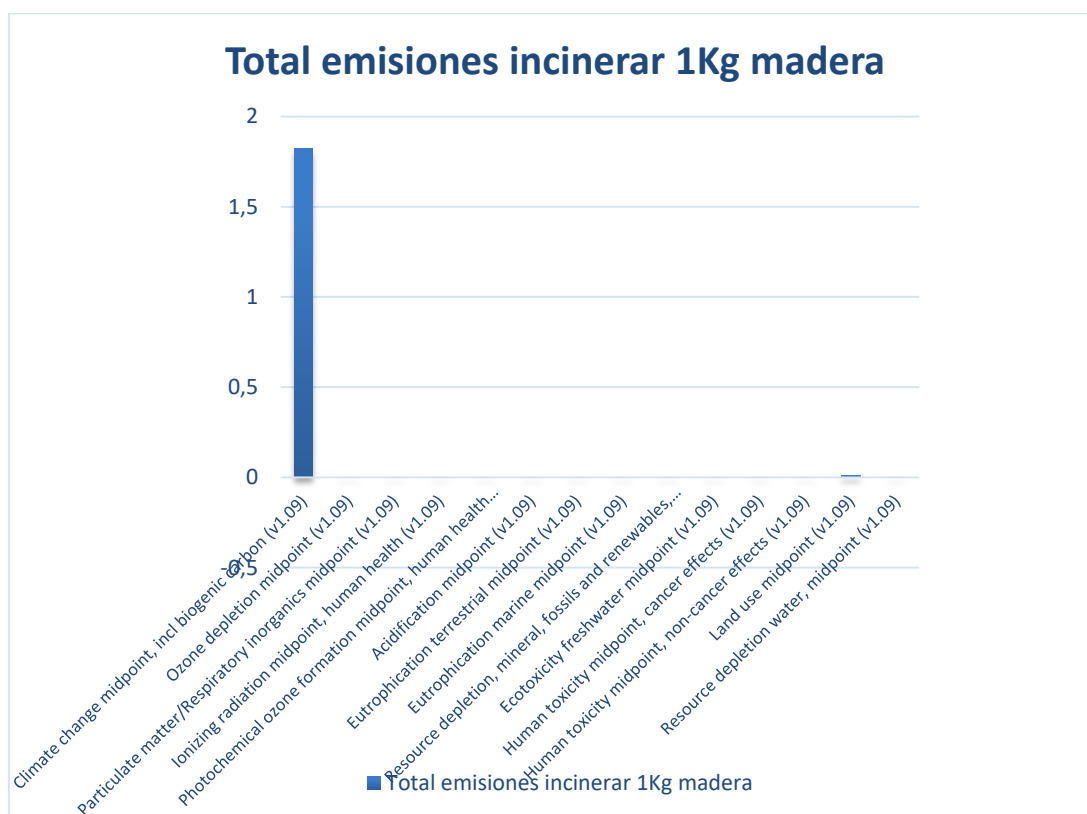


Ilustración 52. presentación del impacto generado por da incineración de 1kg de madera de haya

En la gráfica total emisiones incinerar 1Kg madera, se muestran las emisiones que genera la incineración de 1Kg de madera. Se construye esta gráfica para valorar las diferentes opciones que se pueden tomar para la gestión de la fase de fin de vida de la pala de madera. Una opción es, enviar la madera a un vertedero para su degradación, proceso que no genera ningún tipo de impacto más que el del uso del terreno en el que se sitúa el vertedero. La segunda opción es la de incinerar la madera. Esta última genera los impactos reflejados en la gráfica.

Se puede observar que la incineración de 1Kg de madera emite cierta cantidad de CO2 al medioambiente. En comparación con el porcentaje de CO2 que absorbe la misma cantidad de madera en su vida, el porcentaje emitido es muy bajo.

La quema de madera y sus derivados está considerado como una fuente de energía renovable denominado quema de biomasa. Este proceso se considera renovable por lo mencionado en el párrafo anterior, el porcentaje de CO2 emitido en la quema del material es mínimo frente al absorbido antes de ser extraído como materia prima. Además, la quema de biomasa se emplea para generar energía eléctrica.

Se puede concluir que la quema de la pala de madera, es la opción más recomendable para aplicar a su etapa de fin de vida.

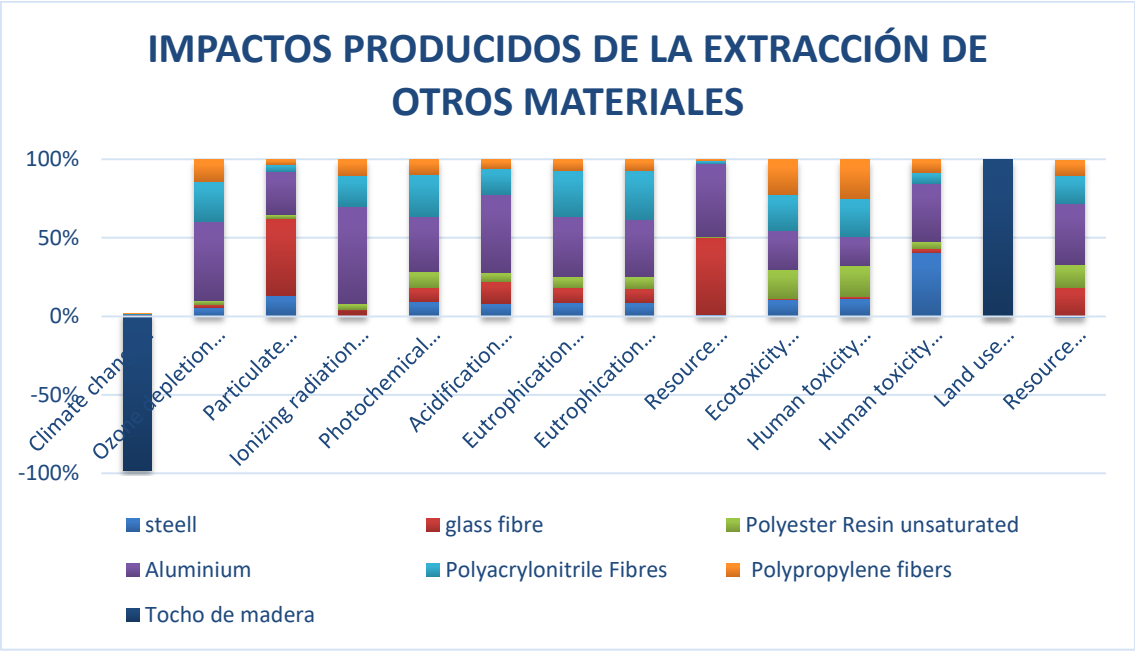


Ilustración 53. Representación de los impactos generados a partir de la extracción de diferentes materiales

En la tabla impactos producidos de la extracción de otros materiales, se representan los impactos que generan los procesos de extracción de diferentes tipos de materiales.

Con el fin de poder realizar el eco-diseño de la pala, en el caso de que algún tipo de material diferente a la madera de haya cumpliera con los requisitos para ser un modelo funcional, se debería tener en cuenta las fases del ciclo de vida con mayor incidencia de impactos para diferentes materiales.

Las fases de fabricación, transporte y uso, se consideran iguales en impacto o similares para todos los materiales. Esto se debe a que el tipo de material con el que se trabaja no afecta a dichas fases.

La fase de extracción, reflejada como ejemplo en la gráfica superior, y la fase de fin de vida, generan diferentes impactos para cada uno de los materiales. Por esta razón, se tendría que valorar todos los impactos que generan estas fases a la hora de utilizar otro tipo de material.

Hay que remarcar, la evidencia de que no todos los materiales necesitan de la misma cantidad para cumplir la misma función. La gráfica muestra los impactos de extraer la misma cantidad

de diferentes tipos de materiales, pero no se ha tenido en cuenta cuanto material de cada tipo se necesitaría para reproducir la misma pala. Por esto último, se tendría que hacer un previo estudio para definir las cantidades y poder comparar los impactos.

4.8.1.2 CICLO DE VIDA PELOTA DE CAUCHO COMPRIMIDO

En la ilustración 54. se muestran los impactos generados en el análisis del ciclo de vida de la fabricación de una pelota de caucho comprimido realizada para el modelo de producción simulado en el apartado que se describe dicho proceso.

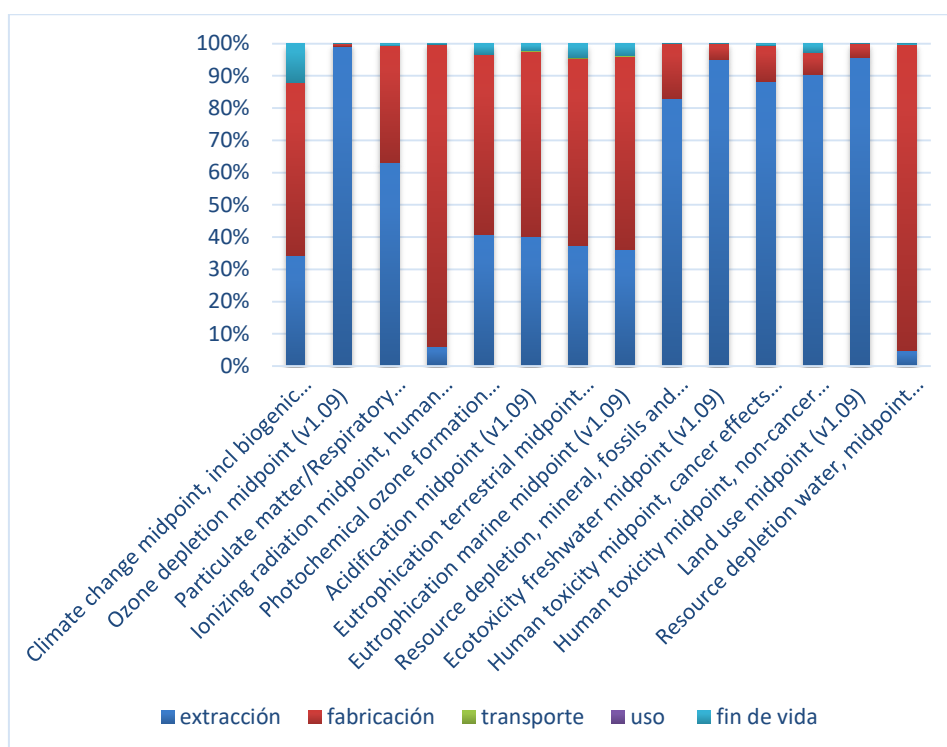


Ilustración 54. Impactos generados en el ciclo de vida de una pelota de caucho comprimido

Al igual que en el análisis de los impactos generados por la pala de madera, la etapa de uso de la pelota de goma no genera ningún tipo de impacto. Se justifica del mismo modo que en la etapa de uso de la pala de madera, el uso de la pelota ni requiere ni aporta ningún tipo de flujo a la hora de ser usada.

Las etapas de mayor impacto reflejadas en la gráfica son la de extracción y fabricación. En comparación con estas etapas, el transporte y el fin de vida no generan impactos considerables.

Si se desea realizar el eco-diseño de la pelota de caucho comprimido se debería actuar sobre las etapas más impactantes, investigar para poder emplear materiales que se comporten del mismo modo y generen menor impacto en su fase de extracción, o modificar el proceso de fabricación para que los impactos del proceso se viesen reducidos.

Hay que tener en cuenta, que el proceso analizado considera la extracción de la materia prima con el fin de fabricar las pelotas. Durante el trabajo, se ha mencionado que la fabricación de pelotas de caucho comprimido es el resultado de otro proceso de mayor interés y que por esta razón, el material sobrante de la actividad principal pasa a ser la materia prima de las pelotas.

Una vez remarcado esto último, se tendría que considerar el hecho de que la extracción puede no generar ningún tipo de impacto.

Si comparamos los impactos generados por un proceso en el que se extrae el caucho frente a un proceso en el que se recicla, el primero generará muchos más impactos, pero esto generará la producción de pelotas con características aleatorias, por el hecho de reciclar material y no saber si es el adecuado para el proceso de fabricación.

4.9 ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA PELOTA

CARACTERIZADA FRENTE A LA PALA DE MADERA DE HAYA

Una vez realizado el ensayo de caída libre, y comprendido cómo se comporta la pelota de caucho comprimido en diferentes condiciones, se puede proceder al análisis del comportamiento de la pala y la pelota.

Para realizar el análisis del comportamiento de la pala y la pelota, se emplea la herramienta informática Marc Mentat, esta herramienta se apoya en el análisis de la interacción de fuerzas mediante la aplicación del método de elementos finitos.

Para realizar la caracterización de la pelota y la pala se emplearán los siguientes datos:

Elemento	Peso (g)	Dureza (shore A)	Módulo de Young (Nm ²)	Coeficiente de Poisso	Densidad (Kg/M ³)
Pelota	66	90	1×10^6	0.39	957
pala	450-600	-	1.45×10^5	0.40	710

Tabla 8. características mecánicas y físicas de la pelota de caucho comprimido y pla de madera de haya

Una vez caracterizadas la pala y la pelota con sus correspondientes parámetros y aplicando diferentes valores de presión, se obtienen los valores y representaciones de la interacción entre los cuerpos. La siguientes imágenes representan la deformación sufrida por la pelota de caucho a diferentes fuerzas y la huella que se marca sobre la pala.

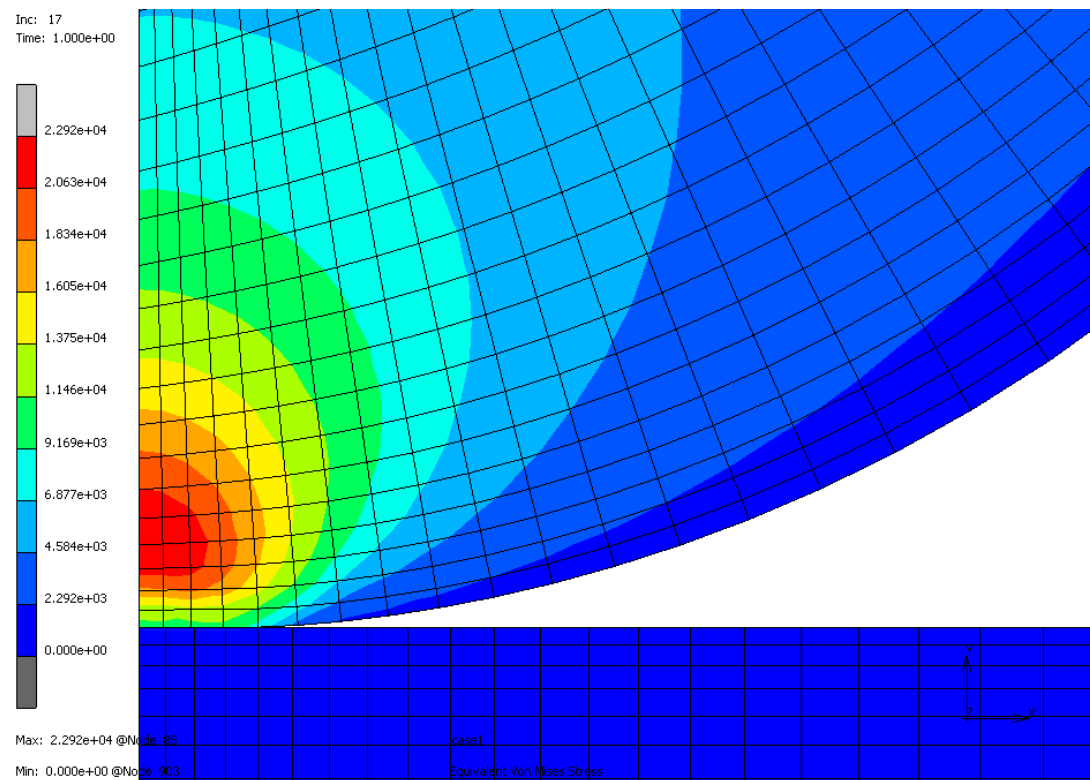


Ilustración 55. interacción pelota vs pala 2350Pa

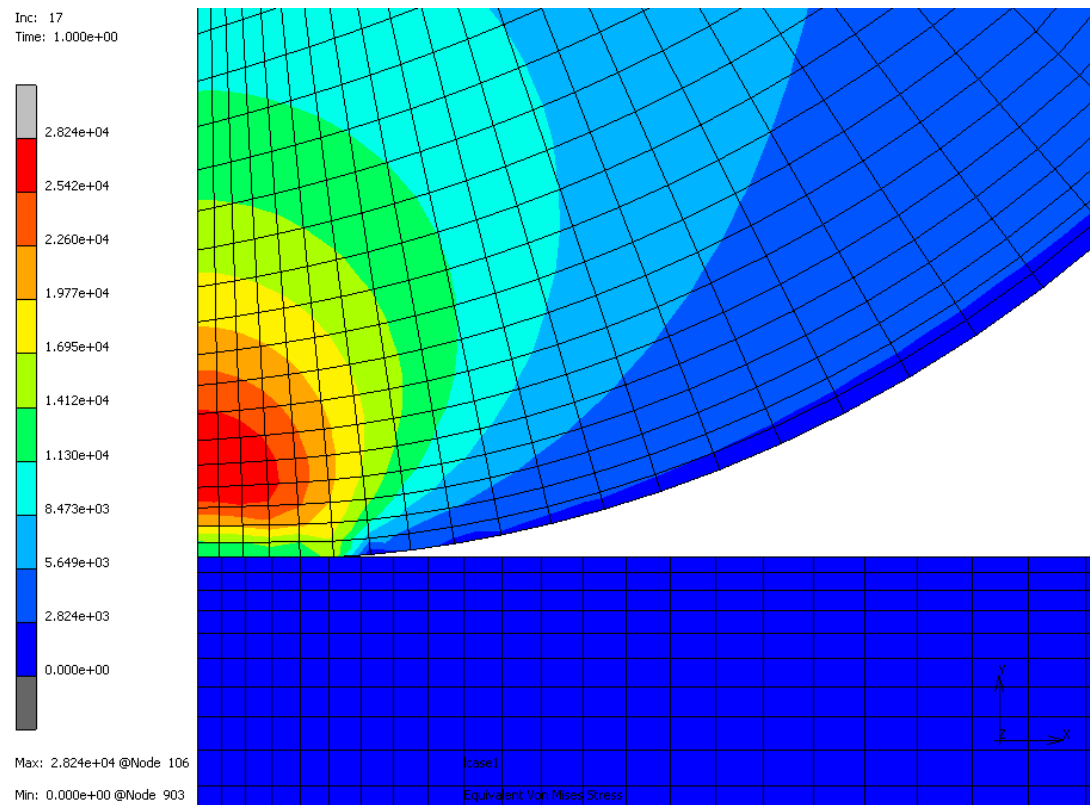


Ilustración 56. interacción pelota vs pala 3000Pa

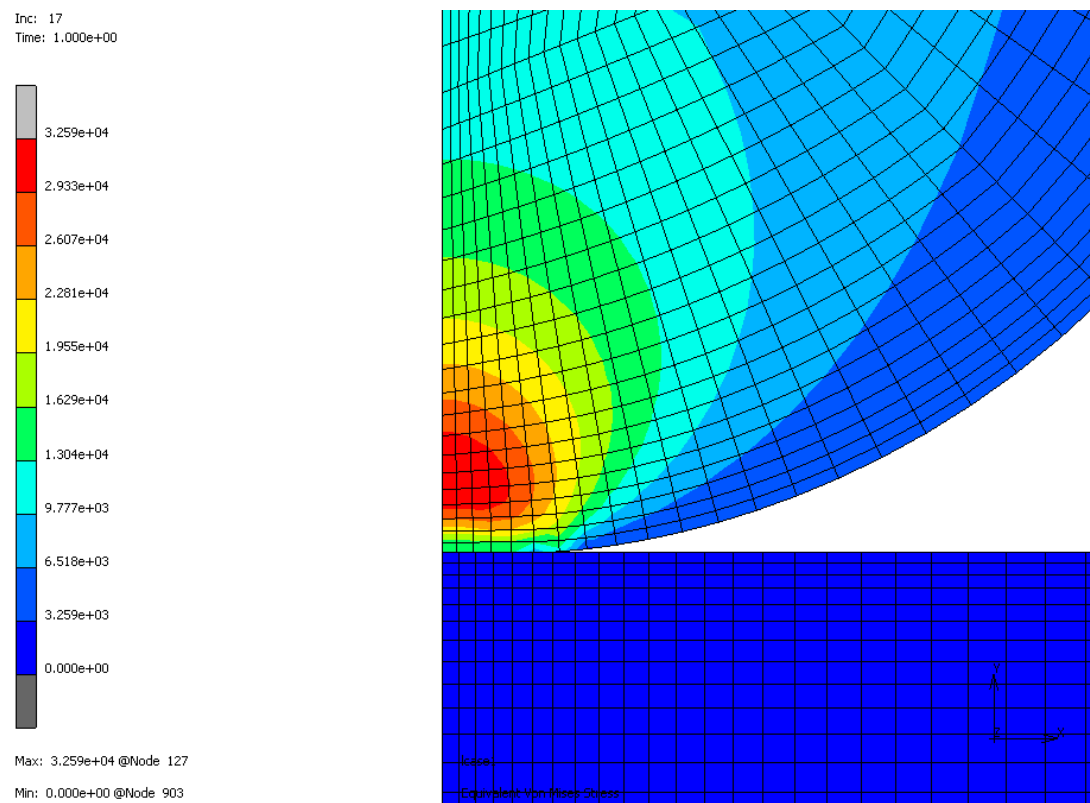


Ilustración 57. interacción pelota vs pala 5000Pa

Inc: 17
Time: 1.000e+00

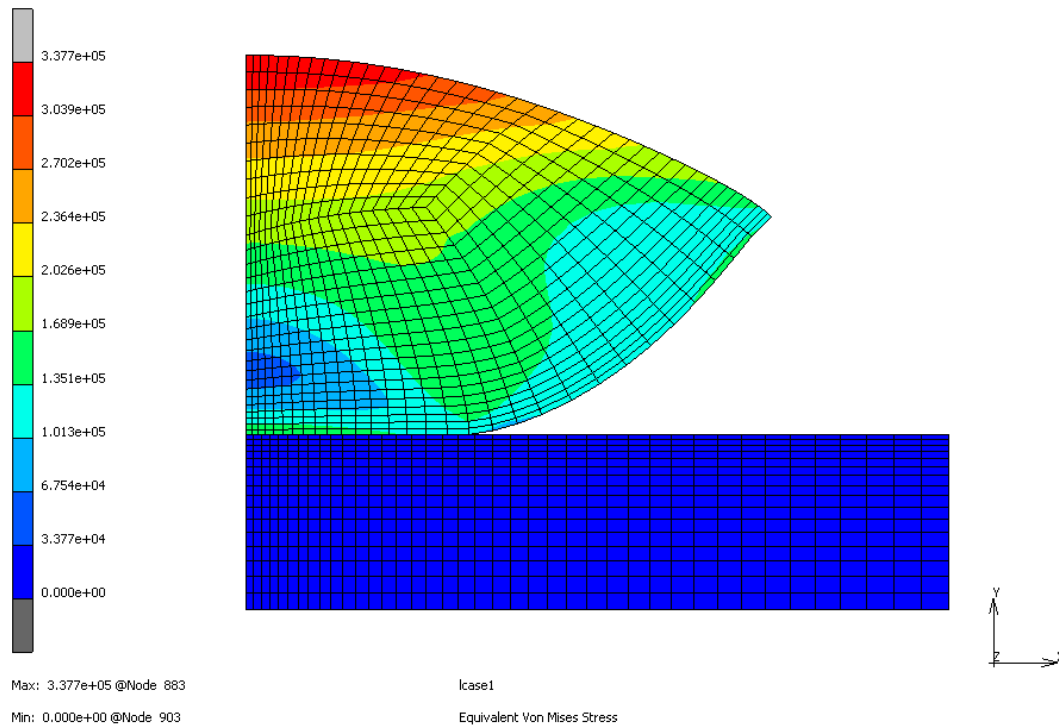


Ilustración 58. interacción pelota vs pala 100000Pa

se puede observar en las ilustraciones en las que se refleja la interacción de la pelota y la pala, que la base (representa la pala) no se deforma en ninguno de los casos mostrados.

Por otra parte, se ha representado un cuarto de esfera, de modo que se puede considerar que los valores obtenidos y las representaciones tendrán simetría en las tres secciones restantes.

En las ilustraciones 55. 56. y 57. se puede observar que la reacción se genera en bandas consecutivas con el centro concentrado de fuerzas de reacción cerca de la superficie de contacto.

La ilustración 58. demuestra que por mucha fuerza o presión que se le aplique a la pelota, la pala no va a sufrir ningún tipo de cambio debido a las propiedades del material. Por otra parte esta ilustración no es válida, dado que al representarse una cuarta parte de la pelota y aplicar la presión en la zona intermedia de la porción de pelota, esta pierde la forma. Para presiones elevadas, el empleo de un modelo esférico o círculo completo sería más correcto.

4.10 PROPUESTA DE MATERIALES PARA REALIZAR UN NUEVO MODELO DE PALETA GOMA

Una vez se realiza la caracterización de los elementos implicados en la práctica del deporte, se tienen que considerar materiales que se comporten de forma similar, en este caso, a la madera de haya.

Hay que tener en cuenta que muchos de los materiales existentes tienen cualidades para poder conformar una geometría como la de la pala. Esto último no quiere decir que todos ellos se vallan a comportar de la misma forma. Un material que altere las características del juego, no será un material válido para realizar el rediseño de la pala. Por otra parte, un material que conste de las propiedades adecuadas para no alterar las características de juego, puede que no sea adecuado para realizar el rediseño teniendo en cuenta otras características. Si un material se comporta de forma adecuada en cuanto a las características del deporte, pero su conformado ofrece inconvenientes o se sale de los parámetros permitidos (peso, rigidez, dureza, ...), este no será útil para el rediseño de la pala.

Teniendo en cuenta que las características de la madera de haya son las representadas en la tabla 6. el material que se emplee para realizar el rediseño de la paleta deberá tener características similares a dichas características.

Se debe tener en cuenta que se está realizando el estudio para un posible rediseño de la pala, empleando un nuevo material en la totalidad de la geometría o en la parte en la que se genera la interacción con la pelota.

Otra de las opciones de rediseño, puede consistir en el emplear nuevos materiales en zonas de no interacción, como el trabajo de fin de grado de Sola. Se tendría que estudiar la forma de la pala, proponer materiales que mantengan la relación de rigidez del mango adecuada a la dureza de la zona de golpeo y realizar las comprobaciones correspondientes para obtener un resultado satisfactorio en cuanto a las sensaciones de juego.

En el apartado en el que se intenta encontrar similitud con las características y mecánica de golpe del bate de béisbol, se puede observar como uno de los materiales que se emplean para la fabricación de bates es el aluminio. Este podría ofrecer un rendimiento adecuado en modelos de pala.

El trabajo que queda por realizar es el de identificar los materiales óptimos que se puedan emplear, y realizar un estudio específico de cada uno de los materiales candidatos, para poder elegir uno de ellos como el óptimo y realizar un modelo funcional.

5 CONCLUSIONES

A continuación, se exponen las conclusiones basadas en el estudio realizado a lo largo del trabajo:

- No se ha conseguido fabricar un modelo de pala funcional empleando nuevos materiales.

El desconocimiento del funcionamiento de la mecánica del golpe y del comportamiento de la pelota, no han permitido avanzar en el diseño de las herramientas empleadas en todas las modalidades que conforman la pelota vasca.

- La ausencia de estandarización de las pelotas de caucho comprimido se debe a representar un producto secundario de la actividad de las empresas.

Existen tantos tipos de pelotas como mezclas de cauchos, las pelotas que se generan a partir de residuos o material sobrante de otras actividades industriales, adquieren las características de dicho material, si este cambia, las pelotas cambian. Para poder estandarizar una pelota, se debe controlar la composición y características del material mediante el cual se desean fabricar.

- El análisis de las pelotas de caucho comprimido corrobora los factores que afectan al comportamiento de dichas pelotas previamente conocidos.

Con los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se afirma que el comportamiento en cuanto al bote de la pelota está directamente relacionado con la temperatura. Cuanto mayor es la temperatura de la pelota, mayor es el bote. No obstante, el comportamiento a elevada temperatura no se ha estudiado.

- El comportamiento de dos pelotas de características físicas similares es variable.

Mediante el ensayo de caída libre, se ha observado que dos pelotas de peso y dimensiones parejas pueden llegar a comportarse de forma diferente, en cuanto a la altura del bote. El comportamiento de las pelotas de caucho comprimido depende de la composición de mezcla de cauchos, características y tratamientos superficiales.

- La pelota es el único elemento que sufre deformación en la interacción generada en el golpeo.

Con el análisis realizado mediante elementos finitos se observa que la pala no sufre ningún tipo de deformación y las tensiones generadas solo se reflejan en la pelota. Se confirma la similitud del comportamiento de la pala y el bate de béisbol.

- El aluminio puede ser un material adecuado para realizar un nuevo modelo de paleta.

Tras el estudio de comparación entre la pala y el bate de béisbol, con resultados de comportamiento similar, el uso de bates de aluminio reglamentarios permite afirmar que el empleo de palas de aluminio puede cumplir con las funciones predeterminadas.

Se deja abierto el camino al estudio de materiales que puedan ser implementados con el fin de aportar comodidad y aumento de rendimiento a cualquiera de las modalidades de la pelota vasca.

6 BIBLIOGRAFÍA

1. **Pinterest.** pinterest.es. [En línea] 1 de mayo de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.pinterest.es/pin/577094139731896630/>.
2. **Casado, Edu.** blogs.20minutos.es. [En línea] 08 de agosto de 2018. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://blogs.20minutos.es/quefuede/2018/08/08/elementos-para-la-historia-el-bate-de-beisbol/>.
3. **Asamblea General FNPV.** fnpelota.com. *Reglamento de juego*. [En línea] 11 de noviembre de 2011. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.fnpelota.com/doc/documentos/REGLAMENTODEJUEGO.pdf>.
4. **Urra, Jesús.** 25 de mayo de 2021.
5. **Arambillet.** Fabricados deportivos Arambillet. [En línea] 01 de enero de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <http://arambillet.com/paleta-perforada-goma-arambillet/>.
6. **Blog de paleta goma maciza.** paletagomero.blogspot.com. [En línea] 20 de marzo de 2017. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://paletagomero.blogspot.com/2017/03/como-se-hace-el-tanto.html>.
7. **FIPV.** fipc.net. [En línea] 1 de enero de 2016. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://waltervillavicencio.com/wp-content/uploads/2018/06/PALETA-FRONTON.pdf>.
8. **Chave, Jerome.** rainfor.org. [En línea] 2002-2006. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish%5b1%5d.pdf.
9. **Xunta.** edu.xunta.gal. [En línea] 7 de febrero de 2020. [Citado el: 30 de mayo de 2021.] https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/31_composicin_estructura_y_propiedades.html.
10. **Aitim.** infomadera.net. [En línea] 1 de mayo de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_2_Maderageneral.pdf.
11. **Russell, Daniel.** Física y Acústica de BATES de Béisbol y Sóftbol. [En línea] universidad estatal de Pensilvania, 21 de septiembre de 2017. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.acs.psu.edu/drussell/bats/ball-bat-0.html>.
12. —. Física de los bates de béisbol y sóftbol. [En línea] 21 de septiembre de 2017. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.acs.psu.edu/drussell/bats/impulse.html>.

13. —. Física de los bates de Béisbol. [En línea] 21 de septiembre de 2017. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.acs.psu.edu/drussell/bats/grip.html>.
14. **Russel, Daniel**. Física y Acústica de bates de béisbol y sóftbol. [En línea] 21 de septiembre de 2017. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.acs.psu.edu/drussell/bats/batw8.html>.
15. **Russell, Daniel**. Física de los bates de béisbol. [En línea] 21 de septiembre de 2017. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.acs.psu.edu/drussell/bats/sweetspot.html>.
16. **John Deere**. johndeere.com. [En línea] 1 de enero de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.deere.com.ar/es/accesorios/herramientas-de-trabajo-y-aditamentos/>.
17. **Talleres Cancio maquinaria para aserraderos**. tallerescancio.com. [En línea] 1 de enero de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <http://www.tallerescancio.com/index.html>.
18. **zhenjingkeji**. es.aliexpress.com. [En línea] 1 de mayo de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://es.aliexpress.com/item/4000852244293.html>.
19. **Woobrit**. amazon.es. [En línea] 20 de mayo de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.amazon.es/Multifuncional-Carpinter%C3%ADa-TornoMini-Tipo-Trabajando-Torno%E1%BC%88550W/dp/B07NXYZ588>.
20. **maquinas y herramientas online**. maquinasyherramientasonline.com. [En línea] 1 de enero de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.maquinasyherramientasonline.com/taladro-horizontal-de-palancas-woodman-th-2200/>.
21. **makita**. amazon.es. [En línea] 24 de mayo de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.amazon.es/Makita-ZMAK-4329-2-4329-Caladora/dp/B00134BMFO>.
22. **Faximport**. faximport.com. [En línea] 1 de enero de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <http://faximport.com/Producto/cepilladora-automatizada-10-pulgadas/>.
23. **tecnitool**. tecnitool.es. [En línea] 1 de mayo de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.tecnitool.es/cepillos-electricos/>.
24. **vevor**. vevor.es. [En línea] 1 de mayo de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] https://vevor.es/products/vevor-maquina-grabadora-madera-laser-3020-cnc-5-5-w-control-grbl-300x200x40-mm?gclid=Cj0KCQjwwLKFBhDPArisAPzPi-ledGpPcGI2qp_DEFQBWv9iEAJutVvX8ul-SY3QHSDfNCdZLXUtokaAt1QEALw_wcB.
25. **Direct industry**. directindustry.es. [En línea] 1 de mayo de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.directindustry.es/fabricante-industrial/formadora-cajas-76423.html>.
26. **Erica S.L**. erica.es. [En línea] 1 de enero de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <http://www.ericas.es/caucho-natural/>.
27. **Mavalle**. mavalle.com. [En línea] 13 de agosto de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.mavalle.com/proceso-industrial-de-extraccion-y-transformacion-de-caucho-natural-para-la-fabricacion-de-llantas/>.

28. **mexopolimeros.** mexopolimeros.com. [En línea] 1 de enero de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.mexopolimeros.com/vulcanizaci%C3%B3n.html>.
29. **muy interesante.** muyinteresante.es. [En línea] 13 de octubre de 2020. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.muyinteresante.es/innovacion/articulo/historia-del-caucho-sintetico-el-material-que-revoluciono-la-automocion>.
30. **Asigma S.L.** asco.atrenza.es. [En línea] 31 de julio de 2007. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] http://afco.atrenza.es/Documentacion/Manual_Carton_Ondulado.pdf.
31. **Características.** caracteristicas.com. [En línea] 1 de enero de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.caracteristicas.co/azufre/>.
32. **EX.** extrusoras.net. [En línea] 1 de enero de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://extrusoras.net/extrusoras-caucho/>.
33. **poolaria.** polaria.com. [En línea] 1 de enero de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.poolaria.com/herramientas-bricolaje/3521-sierra-banda-350w-powerplus.html>.
34. **stf.** spanish.alibaba.com. [En línea] 1 de mayo de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://spanish.alibaba.com/product-detail/c-type-structure-vulcanizing-press-with-hydraulic-cylinders-for-curing-rubber-products-in-china-factory-60707721881.html>.
35. **Alonso, Manuel.** El Análisis de Ciclo de vida y sus principales softwares como herramientas de cálculo. [En línea] 20 de octubre de 2015. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/el-analisis-de-ciclo-de-vida-y-sus-principales-softwares-como-herramientas-de-calculo/>.
36. **JRC Technical Notes.** eplca.jrc.europa.eu. [En línea] 1 de febrero de 2012. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/LCIA-characterization-factors-of-the-ILCD.pdf>.
37. **FNPV.** fnpelota.com. [En línea] 5 de julio de 2020. [Citado el: 25 de mayo de 2021.] <https://www.fnpelota.com/doc/noticias/MATERIAL%20DE%20JUEGO%20OFICIAL%20PALETA%20%20GOMA%20SENIOR%20CLUBS%20NAVARROS.pdf>.

ANEXOS

ANEXO 1: Material de juego

2.1. FRONTON 36 METROS

PELOTA

ESPECIALIDAD Y CATEGORIA	PESO NUCLEO	PESO TOTAL	DIAMETRO
Mano Senior	30 – 35	101 – 107	60 – 62
Mano Juvenil	30	93 – 101	59 – 62
Mano Cadete	30	90 – 93	59 – 62
Mano Infantil	25	88 – 90	58 – 62
Mano Alevín	25	78 – 88	55 – 61
Mano Benjamín	25	78 – 88	55 – 61
Paleta Cuero	18 – 20	50 – 52	46 – 48
Pala Corta	34 – 38	85 – 90	56 – 58

2.2. FRONTON 30 METROS

PELOTA

ESPECIALIDAD Y CATEGORIA	PESO NUCLEO	PESO TOTAL	DIAMETRO
Raqueta pelota olímpica		40	
Raqueta pelota preolímpica		40	
Paleta goma		35 – 40	42 – 44

2.3. FRONTON CORTO 54 METROS

PELOTA

ESPECIALIDAD Y CATEGORIA	PESO NÚCLEO	PESO TOTAL	DIAMETRO
Cesta Punta Senior	90 – 115	115 – 130	
Cesta Punta Juvenil	90 – 115	115 – 130	
Pala Senior	50 – 65	108 – 115	60 – 62
Pala Juvenil	50 – 65	108 – 115	60 – 62
Remonte Senior			
Remonte Juvenil			

2.4. TRINQUETE

PELOTA

ESPECIALIDAD Y CATEGORIA	PESO NÚCLEO	PESO TOTAL	DIAMETRO
Mano Senior	23	92 max	
Paleta Cuero	15 – 16	50 – 52	
Share	33 – 35	83 max	
Paleta Goma		35	

CUADRO DE HERRAMIENTAS

PALA CORTA	TIPO FRONTON	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Frontón 36 mts.	Realizada preferentemente en madera de haya o bien en otra madera noble, de una sola pieza, con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> - Longitud max: 51 cm. - Anchura max. 11, 50 cm - Grueso 2 / 4,50 cm. - Peso 600 / 800 g
PALETA PELOTA CUERO	TIPO FRONTON	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Frontón 36 mts.	Realizada preferentemente en madera de haya o bien en otra madera noble, no es preciso que sea de una sola pieza, todas ellas han de ser de madera, con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> - Longitud max. 50 cm - Anchura max. 13, 50 cm - Grueso 2 / 3 cm - Peso 550 / 600 g
RAQUETA	TIPO FRONTÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Frontón 30 mts.	Serán similares o iguales a las utilizadas en el deporte del tenis, confeccionadas en madera, fibra, metal o grafito. Su peso y trenzado de cuerdas no está limitado, pudiéndose utilizar doble cordaje, igualmente no tiene limitación su longitud y anchura.
PALETA PELOTA GOMA	TIPO FRONTÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Frontón 30 mts	Realizadas en madera, de una sola pieza o multilaminada con varios tipos de madera. Tarugos de aluminio y madera, con refuerzos laterales de fibra. <ul style="list-style-type: none"> - Longitud max. 55 cm - Anchura max. 20 cm. - Grueso 1 cm. - Peso max. 500 g

CUADRO DE HERRAMIENTAS

PALA	TIPO FRONTÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Frontón 54 mts.	Realizadas preferentemente en madera de haya o bien en otra madera noble, de una sola pieza, con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> – Longitud max. 54,50 cm – Anchura max. 12 cm – Grueso 2 / 4,80 cm – Peso 800 / 900 g
CESTA PUNTA	TIPO FRONTÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Frontón 54 mts.	Realizada de madera de castaño, tejida tupidamente de mimbre, acanalada y curvada, con una bolsa de retención, se compone de taco, costillas, aros y punta. El guante será de cuero o material similar. También se podrán utilizar cestas confeccionadas de plástico, siempre que sean confeccionadas técnicamente igual a las del párrafo anterior: <ul style="list-style-type: none"> – Longitud total línea recta 62 / 68 cm – Profundidad bolsa retención 15/16 cm – Largo con curva 90 / 100 cm
REMONTE	TIPO FRONTÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Frontón 54 mts	De tejido más compacto y duro que la cesta punta, igualmente acanalada y curvada, pero sin la bolsa de retención que a la cesta le caracteriza.



CUADRO DE HERRAMIENTAS

PALETA CUERO	TIPO FRONTÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Trinquete	Realizada preferentemente en madera de haya o bien en otra madera noble, no es preciso que sea de una sola pieza, todas ellas han de ser de madera, con las siguientes características: - Longitud max. 50 cm - Anchura max. 13, 50 cm - Grueso 2 / 3 cm - Peso 550 / 600 g
PALETA GOMA	TIPO FRONTÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Trinquete	Realizada en madera, de una sola pieza o multilaminada con varios de tipos de madera. Tarugos de aluminio y madera, con refuerzos laterales de fibra. - Longitud max. 55 cm - Anchura max. 20 cm - Grueso 1 cm - Peso max 500 g
SHARE	TIPO FRONTÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Trinquete	Está fabricado con un anillo de mimbre o madera curvada a la que va sujeta en su parte interna a una red de cuerda entrelazada y poco tensa. - Longitud max 55 cm - Anchura max 10 cm

ANEXO 2: características del juego y pelota empleada según la categoría.

	Especialidad Especialitatea	Division Maila	Categoría Kategoria	Saque - Sakea			Tanteo	Material				
				Bote	Falta	Pasa			Peso Nucleo	Peso Total	Diametr	
Pared Izquierda Ezker pareta	Paleta Goma Chicas Gomazko Paleta Neskak	Primera Lehenengoa	Juvenil	17,5 m	14 m	24,5 m	30	P. Amarillo		55	47-50	
			Señor	21 m				P. Amarillo				
	Paleta Goma Chicos Gomazko Paleta Mutilak	Primera Lehenengoa	Benjamin	10,5 m	7 m	17,5 m	25	P. Amarillo		55	47-50	
			Alevin	14 m	10,5 m	21 m		P. Amarillo				
			Infantil	17,5 m	10,5 m	24,5 m		P. Amarillo				
			Cadete	17,5 m	14 m	24,5 m		P. Amarillo				
			Juvenil	21 m				C. Amarillo		65-70	47-50	
			Señor	24,5 m				C. Amarillo				
										30	C. Amarillo	

ANEXO 3: Fichas técnicas de las pelotas con marca de estrella.

 ESPECIFICACIONES DE LA MEZCLA					
FÓRMULA 115	<table border="1"> <tr> <th>CÓDIGO</th> <th>DESIGNACIÓN</th> </tr> <tr> <td>115163</td> <td>PELOTA PALA PUNTO AMARELLO</td> </tr> </table>	CÓDIGO	DESIGNACIÓN	115163	PELOTA PALA PUNTO AMARELLO
CÓDIGO	DESIGNACIÓN				
115163	PELOTA PALA PUNTO AMARELLO				
Método de Ensayo	<table border="1"> <tr> <th>Características Técnicas</th> <th>Unidad</th> <th>Valor Obtenido</th> <th>Tolerancia</th> </tr> </table>	Características Técnicas	Unidad	Valor Obtenido	Tolerancia
Características Técnicas	Unidad	Valor Obtenido	Tolerancia		
UNE-EN ISO 868:2003	<table border="1"> <tr> <td>Dureza</td> <td>* Shore A</td> <td>85</td> <td>85 +/- 3</td> </tr> </table>	Dureza	* Shore A	85	85 +/- 3
Dureza	* Shore A	85	85 +/- 3		
UNE 53526:2001-A	<table border="1"> <tr> <td>Densidad</td> <td>gr/cm³</td> <td>1,15</td> <td></td> </tr> </table>	Densidad	gr/cm³	1,15	
Densidad	gr/cm³	1,15			
UNE-EN 12770:2000	<table border="1"> <tr> <td>Abrasión</td> <td>mm³</td> <td>155</td> <td></td> </tr> </table>	Abrasión	mm³	155	
Abrasión	mm³	155			
UNE-EN 12771:2000	<table border="1"> <tr> <td>Desgarro Pantalón</td> <td>daN/cm</td> <td>24,8</td> <td></td> </tr> </table>	Desgarro Pantalón	daN/cm	24,8	
Desgarro Pantalón	daN/cm	24,8			
UNE-EN 12803:2001	<table border="1"> <tr> <td>Carga de Rotura</td> <td>daN/cm²</td> <td>16,7</td> <td></td> </tr> </table>	Carga de Rotura	daN/cm²	16,7	
Carga de Rotura	daN/cm²	16,7			
UNE-EN 12803:2001	<table border="1"> <tr> <td>Alargamiento</td> <td>%</td> <td>523</td> <td></td> </tr> </table>	Alargamiento	%	523	
Alargamiento	%	523			
Ensayado por:  José Miguel Martínez 20/01/2017	Aprobado por:  KAREY SOLANO, S.A. Calle Industrial, s/n. 46100 Sagunto (Valencia) España				
Nombre, Fecha y Firma	Nombre, Fecha y Firma				

OBSERVACIONES: Los ensayos se han realizado sobre plaquetas de goma fabricadas con la misma goma que las pelotas. Los colorantes empleados favorecen que la pelota no manche las superficies con las que entra en contacto. Todos los componentes empleados son de primera calidad. Todos sus componentes y productos químicos cumplen con el REACH (Reglamento de la Unión Europea para la protección de la salud humana y el medio ambiente contra los riesgos que pueden presentar los productos químicos).

		ESPECIFICACIONES DE LA MEZCLA		
FÓRMULA 100	CÓDIGO	DESIGNACIÓN		
	100163	PELOTA PARA PUNTO VERDE		
Método de Ensayo	Características Técnicas	Unidad	Valor Obtenido	Tolerancia
UNE-EN ISO 868:2003	Dureza	° Shore A	85	85 ± 3
UNE 53526:2001-A	Densidad	gr/cm³	1,15	
UNE-EN 12770:2000	Abrasión	mm³	136	
UNE-EN 12771:2000	Desgarro Pantallón	dañ/cm	21,87	
UNE-EN 12803:2001	Carga de Rótura	dañ/cm²	10,38	
UNE-EN 12803:2001	Alargamiento	%	510	
Ensayado por:		Aprobado por:		
José Miguel Martínez  20/01/2017				
Nombre, Fecha y Firma		Nombre, Fecha y Firma		

OBSERVACIONES: Los ensayos se han realizado sobre plaquetas de goma fabricadas con la misma goma que las pelotas. Los colorantes empleados favorecen que la pelota no manche las superficies con las que entra en contacto. Todos los componentes empleados son de primera calidad. Todos los componentes y productos químicos cumplen con el REACH (Reglamento de la Unión Europea para la protección de la salud humana y el medio ambiente contra los riesgos que pueden presentar los productos químicos).